

**Projeto de Pátio de Compostagem com Vista à Valorização de
Resíduos Orgânicos**

Graziela Copetti

Orientador: Prof. Msc. Israel Fernandes de Aquino

2012/1



Copetti, Graziela

Projeto de Pátio de Compostagem com Vista à Valorização de Resíduos Sólidos Orgânicos.

Graziela Copetti - Florianópolis, 2012.

106p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Composting Yard Design and the Municipal Solid Waste Recovery.

1. Pátio de compostagem; 2. Valorização de Resíduos Sólidos Orgânicos; 3. Comunidade Chico Mendes.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

GRAZIELA COPETTI

PROJETO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM COM VISTA À
VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal
de Santa Catarina para Conclusão
do Curso de Graduação em
Engenharia Sanitária e Ambiental -
TCC II.

Orientador: Israel Fernandes de Aquino

Florianópolis, SC
AGOSTO - 2012

Graziela Copetti

PROJETO DE PÁTIO DE COMPOSTAGEM COM VISTA À VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado, em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, 06 de agosto de 2012.

Banca Examinadora:



Prof. Israel Fernandes de Aquino, MSC.
Orientador



Patricia Kazue Uda, Msc.
Membro da Banca



Prof. Guilherme Farias Cunha, Msc.
Membro da Banca

Dedico este trabalho aos meus pais, Pedro e Adelaide, pessoas que não tiveram a oportunidade que tive de cursar os ensinos médio e superior.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial aos meus pais pela minha vida, por me ensinarem a vivê-la com dignidade, por estarem ao meu lado, pelo amor incondicional, pela educação que me deram, por terem me apoiado nesta longa trajetória.

Rafaela e Colin pelo incentivo em todos os momentos e pelo auxílio na tradução.

A Marli, pela sua amizade, agradável companhia e pela oportunidade de ter cedido temporariamente um ambiente próprio para as pesquisas e a redação deste trabalho.

Agradeço ao Povo Brasileiro por ter custeado parte dos meus estudos nesta universidade.

“Mas qual é exatamente a função do orientador?(...) A quarta função é ser um profissional decente e realmente orientar a monografia, projeto, dissertação, ou tese.”

*(A Função do Orientador: Dever e Honra,
por Eva Paulino Bueno)*

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA - Avaliação de Impacto Ambiental

AU - Agricultura urbana

CF - Constituição Federal

CG - Caixa de Gordura

CI - Caixa de Inspeção

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONSEMA - Conselho Estadual de Meio Ambiente

CS - Caixa sifonada

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

FATMA - Fundação de Amparo ao Meio Ambiente

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAI - Licença Ambiental de Instalação

LAO - Licença Ambiental de operação

LAP - Licença Ambiental Provisória

PEV - Posto de entrega voluntária

PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PMF - Prefeitura Municipal de Florianópolis

PMISB - Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PNSB - Política Nacional de Saneamento Básico

RAP - Relatório Ambiental Prévio

RAS - Relatório Ambiental Simplificado

RIMA - Relatório e Impacto Ambiental

RS - Ralo sifonado

SNVS - Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

TV - Tubo de ventilação

UC - Unidade de Compostagem

UE - União Europeia

LISTA DE SÍMBOLOS

a - ano

d - dia

h - hora

kg - quilograma

l - litro

m - mês

m² - metro quadrado

m³ - metro cúbico

mg - miligrama

min - minuto

R\$ - Reais

s - segundo

t - tonelada

RESUMO

Durante muito tempo a problemática dos resíduos foi negligenciada e neste início de milênio o manejo adequado dos resíduos sólidos tornou-se um desafio para os centros urbanos, fazendo com que os gestores públicos municipais buscassem soluções para esta problemática.

No município de Florianópolis, 89,42% dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) coletados são encaminhados para o aterro sanitário, sendo 46,35% resíduos orgânicos.

Com a promulgação da Lei 12305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a segregação na fonte e valorização da fração orgânica por meio de técnicas como a compostagem é vista como forma de destinação ambientalmente adequada, instrumento de educação ambiental e geração de empregos.

Este trabalho propôs o projeto de um pátio de compostagem cujo horizonte de projeto é de 15 anos, geração per capita de resíduos sólidos de 0,77Kg/hab.dia e 813,3 toneladas de resíduos orgânicos produzidos e segregados na fonte no ano de 2027 pela Chico Mendes, uma comunidade de baixa renda situada na região continental de Florianópolis/SC.

A implantação da compostagem nestes moldes viabilizará a promoção da cidadania diante da geração de renda, da inclusão social e da melhoria da qualidade de vida das famílias residentes na Comunidade Chico Mendes.

Palavras-chave: pátio de compostagem, valorização de resíduos sólidos orgânicos, Comunidade Chico Mendes

ABSTRACT

For too long the problem of recycling, or otherwise reusing, materials disposed in landfills has been neglected. The appropriate approach for dealing with solid waste has become a challenge for cities, and municipal governments have been looking for solutions to this problem.

The most common form of waste disposal in Brazil remains landfilling: an option with a high potential for negative impacts on the environment, public health and economy. In the municipality of Florianópolis, 89.42% of waste collected is sent to landfill, of which organic waste composes 46.35%. With the enactment of Law 12305/2010, which established a national policy on solid waste, the subject of solid waste management was revitalized. This law established a shared responsibility for landfills and prohibited the deposition of recyclable materials.

In the practice of waste management, the step of prevention is of greatest importance, followed by reuse, recycling and other forms of recovery. A primary method of dealing with organic waste is composting. This method for the collection and recovery of the organic fraction is environmentally friendly, an instrument of environmental education and job creation, and meets the legal requirement of the new environmental legislation.

This paper proposes the design of a composting yard to facilitate the reuse of organic wastes produced by low-income Chico Mendes community located in the mainland city of Florianópolis/SC.

Keywords: composting yard, municipal solid wastes recovery, Chico Mendes Community.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	<i>Objetivo geral.....</i>	<i>13</i>
1.1.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>13</i>
2	REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	15
2.1.1	<i>Características dos resíduos Sólidos.....</i>	<i>19</i>
2.1.2	<i>Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos.....</i>	<i>20</i>
2.2	COMPOSTAGEM.....	22
2.2.1	<i>Classificação dos processos de compostagem</i>	<i>23</i>
2.2.2	<i>Fases do Processo de Compostagem</i>	<i>25</i>
2.2.3	<i>Fatores que afetam o Processo de Compostagem.....</i>	<i>26</i>
2.2.4	<i>Os Lixiviados produzidos na Compostagem</i>	<i>27</i>
2.3	PÁTIOS DE COMPOSTAGEM	28
2.3.1	<i>Os impactos potenciais de um pátio de compostagem por método de leiras estáticas de aeração passiva.....</i>	<i>32</i>
2.3.2	<i>O Enquadramento da Atividade</i>	<i>35</i>
2.4	A GESTÃO DESCENTRALIZADA DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA REGIÃO CONTINENTAL DE FLORIANÓPOLIS	36
3	METODOLOGIA	41
4	RESULTADOS.....	43
4.1	MEMORIAL DESCRITIVO	43
4.1.1	<i>Caracterização da Área de Implantação</i>	<i>43</i>
4.1.2	<i>Descrição dos Métodos Utilizados.....</i>	<i>45</i>
4.2	MEMORIAL DE CÁLCULO	55
4.3	AS PLANTAS	76
5	DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	77
6	CONCLUSÕES	79
7	RECOMENDAÇÕES	81
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
9	APÊNDICES.....	93
10	ANEXOS	103

1 INTRODUÇÃO

O manejo adequado dos resíduos sólidos é um dos principais desafios do Município de Florianópolis, que segue a tendência nacional de destinação de resíduos para aterramento, uma técnica que envolve alto custo financeiro e ambiental. De acordo com informações contidas no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (COMCAP, 2011), 89,42% dos resíduos sólidos urbanos (RSU) coletados neste município no ano de 2010 foram encaminhados para o aterro sanitário e apenas 0,84% foram compostados. A caracterização física dos RSU realizada no ano 2000 pela mesma Companhia acusou que 46,35% são resíduos orgânicos.

Uma alternativa de baixo custo para a gestão da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares é a compostagem, sobretudo em comunidades de baixa renda empenhadas na busca por melhor qualidade de vida.

Neste contexto, este trabalho se justifica pelo fato de promover a geração de renda, inclusão social e a melhoria da qualidade de vida da população residente na Comunidade Chico Mendes por meio da implantação de um pátio de compostagem bem executado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo desta pesquisa é projetar um pátio de compostagem com vista à valorização de resíduos orgânicos gerados na Comunidade Chico Mendes.

1.1.2 Objetivos específicos

Os aspectos específicos da pesquisa incluem:

- Propor sistemas de controle que devem compor um projeto de pátio de compostagem;
- Dimensionar os elementos de um pátio de compostagem operado pelo método das leiras estáticas de aeração passiva.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Resíduos Sólidos

Matéria e energia são questões fundamentais no tratamento das questões ambientais (BRAGA et al, 2006). Nos sistemas naturais a massa e a energia são conservadas, de acordo com o enunciado de duas leis da Física: a Lei da Conservação da Massa e a Lei da Conservação da Energia. O enunciado da primeira diz que a matéria não pode ser eliminada em um sistema, apenas transformada de uma forma em outra. A segunda, por sua vez, dita que a energia pode ser transformada de uma forma em outra, que não pode ser criada ou destruída. Portanto, de acordo com estas leis além de não existir reciclagem completa de energia, haverá aumento da entropia e que nunca se estará livre da geração dos resíduos (ou outras formas de poluição ambiental) em todas as atividades dos seres vivos, de acordo com Miller & Spoolmann (2010). A comunidade humana, ao contrário dos ecossistemas vivos, produz uma quantidade de resíduos, em especial os resíduos urbanos, que não integra o ciclo biológico.

Foi constatado que a história dos resíduos sólidos se confunde com a história da civilização e do homem urbano (NAGASHIMA et al., 2011) e iniciou-se a partir do momento em que o homem abandonou o nomadismo e passou a fixar-se em locais definidos (PHILIPPI JÚNIOR, 1979). Na idade média, por exemplo, os resíduos eram associados à impureza e ao sofrimento físico e mental, sinônimo de ameaça ao ser humano. Durante o Renascimento, descobertas científicas estimularam medidas de higiene nas cidades e, mais tarde, em meados do século 20, as percepções sobre os resíduos estavam restritas à área médica (VELLOSO, 2008).

Até a década de 60, o termo “meio ambiente” não havia sentido político ou social, pouco se falava sobre ecologia e os recursos ambientais eram considerados inesgotáveis. De acordo com Calderoni (1997), após a década de 70 começaram a ser objeto de maior atenção por parte dos governos e das organizações comunitárias e, conforme relatos de Andreazzi & Milward-de-Andrade (1990), a questão passou a ser considerada a partir da Conferência das Nações Unidas de Estocolmo (1972), em virtude da exigência de avaliações de Impactos

Ambientais para a concessão de empréstimos internacionais (PÁDUA, 1991).

Mais tarde, em 1987, com a publicação do Relatório Brundtland¹ intitulado como “Nosso Futuro Comum” concluiu-se que os padrões de produção e consumo vigentes são incompatíveis com o Desenvolvimento Sustentável (DS). Durante a Conferência sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente das Nações Unidas², a relação entre resíduos e poluição ambiental teve destaque e a equidade das condições de desenvolvimento entre gerações foi, então, consolidada através da Agenda 21³.

Em 2007, foi publicada em no país, a Lei Federal 11.445, que estabeleceu diretrizes nacionais para o saneamento básico e definiu como um de seus princípios fundamentais o manejo dos resíduos sólidos⁴ realizado de forma adequada à saúde pública e à proteção do meio ambiente. De acordo com Kling (2008), observa-se que o saneamento é perfeito à letra da lei, que não acontece devido à falta de recursos financeiros e à falta de capacidade técnica dos municípios na gestão e planejamento destes serviços. Um imenso déficit deixado por outros governos nesta área foi reconhecido pela lei do saneamento básico quando permitiu que a universalização dos serviços fosse dada gradativamente, afirma o mesmo autor. Cabe destacar que, diante da promulgação da Lei 12305/2010 – marco regulatório para a gestão dos

¹ Relatório que apresenta uma visão complexa das causas dos problemas socioeconômicos e ecológicos da sociedade e as inter-relações entre a economia, tecnologia, sociedade e política. Foi produzido em 1987 por uma comissão presidida pela ex-premiê da Noruega Gro Harlem Brundtland.

² Realizada no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), avaliou o modo pelos quais os critérios ambientais estavam sendo acionados nas políticas e no planejamento dos países. Teve como frutos dois documentos oficiais: a Declaração do Rio e a Agenda 21.

³ Documento elaborado na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, Brasil, em 1992.

⁴ Conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do resíduo doméstico e do resíduo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas

resíduos sólidos no Brasil, é que o tema manejo e destinação adequada dos resíduos foi de fato resgatado.

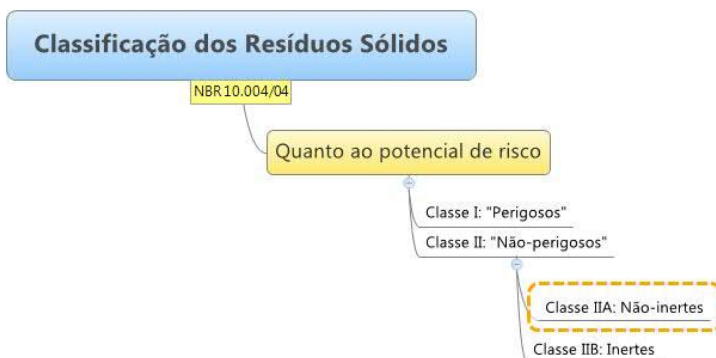
Mas o que são Resíduos Sólidos? A Política Nacional dos Resíduos Sólidos os define como “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnico-economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.

Esta Lei 12305/10 reconhece os resíduos recicláveis e reutilizáveis como “bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania”.

De acordo com Leão (1997), o termo "rejeito", vulgarmente definido como “lixo”, é um material inservível enquanto o "resíduo" é material que eventualmente não está sendo aproveitado, mas que ainda apresenta uma utilização potencial. Tal discernimento é sublinhado nos inúmeros manuais e guias utilizados em prevenção à poluição tais como os programas de redução na fonte (“Polution Prevent” - P2) e os programas de Produção mais Limpa (P+L), que implicam em processos e tecnologias que visam reduzir ou mesmo eliminar em volume, concentração e toxicidade os resíduos inerentes a determinado processo na sua fonte geradora.

No tocante à classificação dos resíduos sólidos, a NBR 10.004/2004, classifica-os segundo seus potenciais de risco ao meio ambiente, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1 – Classificação dos Resíduos sólidos de acordo com a NBR 10.004/04



FONTE: Arquivo pessoal da aluna. Adaptado da NBR 10.004/2004.

Os Resíduos Classe I como “Perigosos”, que são os quais possuem uma ou mais das características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, e em Resíduos Classe II “Não Perigosos”.

Estes, por sua vez, são subdivididos em Resíduos Classe IIA (Não Inertes), em Resíduos Classe IIB (Inertes). Os resíduos Classe IIA são os que podem apresentar características como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Os resíduos Classe IIB, por sua vez, são os que quando amostrados de uma forma representativa, e submetido a um contato dinâmico e estático com a água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor. Esta classificação está ilustrada

No entanto, de acordo com PNRS, devem ser classificados quanto à origem e quanto à periculosidade, como ilustra a Figura 2.

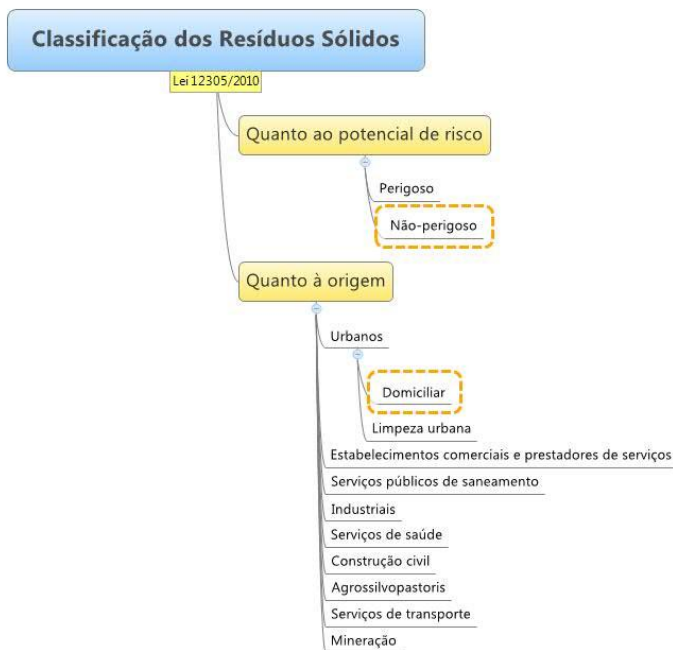


Figura 2 - Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a PNRS.

FONTE: Arquivo pessoal da aluna. Adaptado da PNRS (2010).

2.1.1 Características dos resíduos Sólidos

As características físicas referem-se à composição física (porcentagem de cada componente em relação ao peso total dos resíduos), ao teor de umidade, teor de resíduo seco e à massa específica, que é a razão entre a massa e o volume do resíduo (SILVA, 2002).

A composição gravimétrica de um resíduo refere-se ao percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de resíduo analisada (MONTEIRO, 2001).

O teor de umidade, por sua vez, é a concentração de água no resíduo, medida em percentual de seu peso (SALLES, 2004) e a massa específica é o peso do resíduo em função do volume ocupado, sem qualquer compactação e expresso em kg/m^3 .

As características químicas dos resíduos, de acordo com Monteiro (2001), referem-se à quantidade de determinados componentes químicos no montante de resíduos (carbono, hidrogênio, oxigênio, enxofre, nitrogênio, cloro), presença de sólidos voláteis, teor de cinzas e poder

calorífico (quantidade de calor ou energia que pode ser liberada por unidade de massa dos resíduos nas reações de combustão). Estas características determinam a viabilidade da recuperação dos resíduos.

2.1.2 Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos

De acordo com a versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011), no ano de 2008 foram produzidas aproximadamente 94330 t/d de resíduos orgânicos no país.

Apesar da massa de resíduo sólido urbano ter apresentado alto percentual de matéria orgânica (51,4%), como mostra a Tabela 1, as experiências de compostagem ainda são incipientes.

Tabela 1 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil em 2008

Resíduos	Participação (%)	Quantidade (t/d)
Metal	2,9	5293,50
Aço	2,3	4213,70
Alumínio	0,6	1079,90
Papel, papelão e tetra Pack	13,1	23997,4
Plástico total	13,5	24847,9
Plástico Filme	8,9	16399,60
Plástico rígido	4,6	8448,30
Vidro	2,4	4388,60
Matéria Orgânica	51,4	94335,10
Outros	16,7	30618,90
Total	100,0	183481,50

FONTE: IBGE (2010) apud Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2011).

Aterros controlados, aterros sanitários e lixões juntos perfizeram 97,5% das formas de tratamento e destinação final dos resíduos naquele ano e apenas 0,8% das 188.814,90 t/d de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos gerados foram encaminhadas compostagem, como ilustra a Figura 3.

Para a região sul, em 2010, o índice per capita de geração de RSU, atingiu a marca de 0,879 kg/hab.dia, segundo pesquisas da ABRELPE (2011).

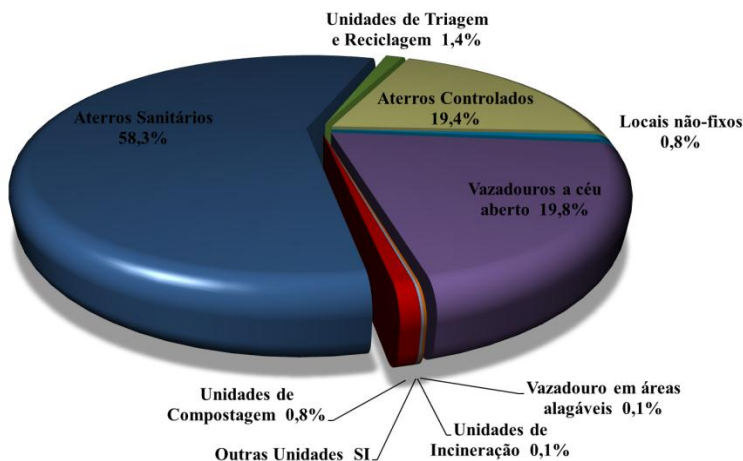


Figura 3 - Quantidade diária de resíduos sólidos domiciliares e/ou públicos encaminhados para diferentes formas de destinação final para ano 2008.

FONTE: Adaptado da versão preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, 2011. SI = sem informação.

No município de Florianópolis, segundo informações da Companhia de Melhoramentos da Capital (COMCAP) apud PGRS (2011), no ano de 2010 a produção de resíduos foi da ordem de 13.966,4 ton/mês, 89,42% seguiram para aterro sanitário, 5,94% para aterro de inertes e apenas 0,84% foram compostados e 3,80% foram reciclados.

Dentre os programas de coleta seletiva de orgânicos desenvolvidos no município de Florianópolis merecem destaque o da Revolução dos Baldinhos, da Associação Orgânica, da Família Casca e o programa experimental desenvolvido pela COMCAP, conforme indica a Tabela 2.

Tabela 2 - Programas de reciclagem de orgânicos operados em Florianópolis/SC

Programa	Entidade Responsável	Média Coletada (kg/mês)
Revolução dos Baldinhos	CEPAGRO	2459
Família Casca	UFSC, COMCAP, FLORAM e CEPAGRO	2556
Associação Orgânica	UFSC	66000
COMCAP	PMF	121900

FONTE: COMCAP (2011).

No que se refere à taxa geração de resíduos per capta, o Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico de Florianópolis (2011) indica uma produção per capta de 0,77kg/hab.dia. No tocante à caracterização física realizada no ano 2000 e apresentada no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Florianópolis (2011), a matéria orgânica representa valor pouco inferior ao percentual brasileiro.

2.2 Compostagem

A compostagem é uma técnica praticada ao longo dos séculos e de acordo com Lindenberg (1992), os primeiros relatos sobre compostagem datam da antiguidade. Estudos recentes mostraram que o composto obtido por esta técnica, além das tradicionais aplicações em solos, tem tido uma abordagem inovadora ao auxiliar na restauração de populações de salmão, havendo ainda casos bem sucedidos de compostagem de fibra de algodão (EPA, 2012).

A NBR 13591/96 conceitua compostagem como um processo de decomposição biológica da fração orgânica biodegradável dos resíduos, efetuado por uma população diversificada de organismos, em condições controladas de aerobiose e demais parâmetros, desenvolvido em duas etapas distintas: uma de degradação ativa e outra de maturação.

O termo composto orgânico é aplicado ao produto compostado, estabilizado e higienizado (ZUCCONI & BERTOLDI, 1991) e todo material de origem animal ou vegetal pode entrar na produção do composto. São utilizados essencialmente dois tipos de materiais na formulação de massa, respectivamente materiais de lenta degradação (fontes de carbono) e de rápida degradação (fontes de nitrogênio).

2.2.1 Classificação dos processos de compostagem

A Figura 4 ilustra a classificação dos processos de compostagem.

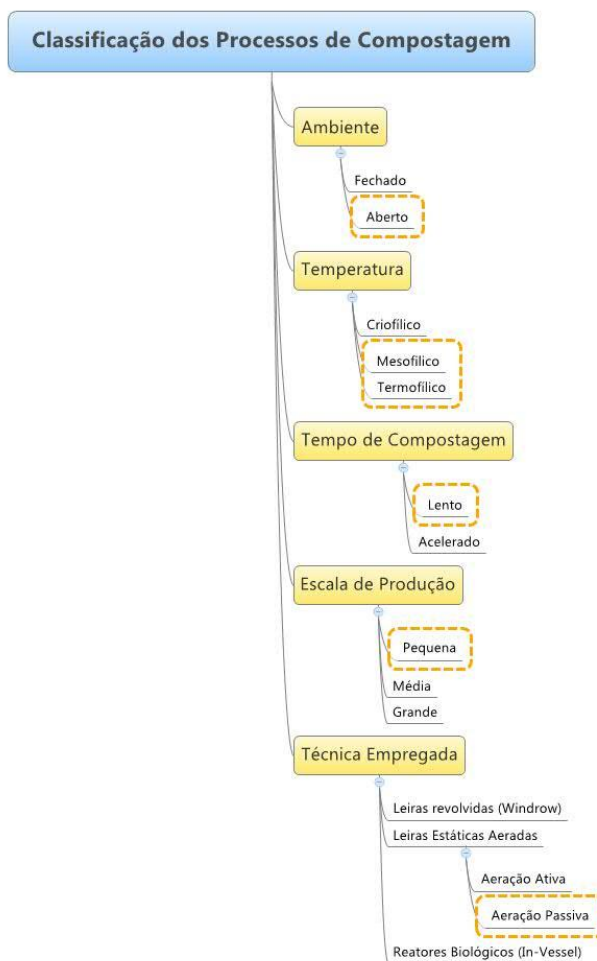


Figura 4 – Classificação dos processos de compostagem

FONTE: Arquivo pessoal da aluna.

Alguns autores consideram a disponibilidade de oxigênio o principal fator influenciado pela tecnologia do processo de compostagem e classificam os sistemas de compostagem quanto ao ambiente, em sistemas abertos e sistemas fechados. Há autores que preferem uma classificação segundo a temperatura (criofílicos,

mesofílicos e termofílicos) e a biologia do processo (anaeróbio, aeróbio e misto). No entanto, modernamente o conceito de compostagem é aeróbio (RUSSO, 1998). Tal afirmação se deve ao fato de a compostagem aeróbia dar-se em velocidade até 20 (vinte) vezes maior que quando nas condições anaeróbias (EPA, 1994).

Segundo a aeração, um sistema de compostagem pode ser anaeróbio ou aeróbio (GOLUEKE, 1977). A compostagem anaeróbia é um método de fermentação realizado por microrganismos que podem viver em ambientes isentos de ar atmosférico e, segundo relatos de Pereira Neto (1995), se dá com a massa saturada ou completamente imersa em água, são gerados gases como o metano, que pode ser utilizados como fonte energética, gás sulfídrico, ácidos orgânicos e mercaptanas, que conferem odor desagradável. A compostagem aeróbia, por sua vez, caracteriza-se por altas temperaturas, produção de gases inodoros e elevada taxa de decomposição da matéria orgânica (AZEVEDO, 1997).

De acordo com o ambiente, os sistemas de compostagem podem ser abertos ou fechados (PEREIRA NETO, 1996). Nos sistemas abertos todo o processo é realizado em leiras a céu aberto e a massa a ser decomposta é colocada em montes/leiras nos chamados pátios de compostagem, enquanto em sistemas fechados, a fase inicial de degradação da matéria orgânica se dá em unidades fechadas denominadas reatores, bioestabilizadores ou biodigestores.

Podem ainda ser classificados como criofílicos, mesofílicos e termofílicos, de acordo com a faixa de temperatura de operação dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica, afirma Pereira Neto (1996). Na faixa de temperatura até 25°C ocorre processo criofílico. Quando a decomposição ocorre a uma faixa de temperatura de 25°C até 45°C, o processo de digestão é mesofílico, enquanto o processo termofílico dá-se quando a temperatura é superior a 45°C (EPA, 1994).

Quanto ao tempo de compostagem, os processos podem ser lentos ou acelerados. De acordo com Azevedo (1993), os processos lentos também são conhecidos como processos naturais, nos quais a matéria orgânica a ser fermentada é disposta em montes nos pátios de compostagem após separação dos materiais não degradáveis, enquanto os processos acelerados ocorrem quando o material a ser compostado sofre algum tipo de tratamento visando melhorar as condições de decomposição (a injeção de ar na massa, aquecimento artificial, padronização do diâmetro das partículas, por exemplo).

De acordo com Marques & Hodland (2002), os processos de compostagem podem ser classificados segundo a escala de produção em grande escala (usinas de compostagem), média escala (leiras com volumes superiores a 3 m³) e em pequena escala (realizadas em composteiras ou leiras com volume inferior a 3 m³).

Finalmente, quanto às técnicas de compostagem, existem três classes: sistema de leiras revolvidas, sistemas de leiras estáticas e sistema de reatores (AZEVEDO, 1997). O sistema de leiras revolvidas é a técnica de compostagem mais utilizada, na qual a mistura de resíduos é disposta em leiras ao ar livre ou em áreas cobertas. A aeração é fornecida pelo revolvimento dos resíduos e pela convecção e difusão do ar na massa do composto. Há casos em que a leira é montada sobre tubos perfurados que insuflam ar na massa, chamada de leiras revolvidas aeradas, pois combinam a técnica do revolvimento com a aeração forçada. Quando agentes estruturantes são adicionados, o revolvimento pode ser feito manualmente, por um misturador específico ou então na própria área de compostagem (KUTER, 1995). Nos sistemas de reatores biológicos, os resíduos são colocados dentro de sistemas fechados, que permitem o controle de todos os parâmetros do processo de compostagem. Por fim, o sistema de leiras estáticas é um método onde não há revolvimento mecânico das leiras, que podem ficar em pátios a céu aberto ou mesmo em áreas cobertas. A mistura a compostar pode ser colocada sobre uma tubulação perfurada que insufla ar na massa do composto (leira estática de aeração ativa) ou sem nenhum tipo de tubulação ou aparato que sirva para a introdução de ar na massa (leira estática de aeração passiva).

2.2.2 Fases do Processo de Compostagem

No início do processo a massa de resíduo está à temperatura ambiente e o meio é ligeiramente ácido, predominando os microrganismos mesofílicos que operam na faixa de temperatura de 25 a 45°C. Tais microrganismos utilizam-se das substâncias mais facilmente degradáveis, carboidratos simples e nitrogenados solúveis, gerando ácidos orgânicos simples, o que resulta numa diminuição do pH (SIQUEIRA, 2006). A temperatura da massa aumenta, pois as reações de oxidação são exotérmicas, e atinge valores acima de 40°C. De acordo com Corrêa (2003), apresenta intensa atividade metabólica e elevada síntese de DNA de enzimas.

A partir deste ponto, microrganismos termofílicos passam a atuar, ocorre aumento do pH e o meio torna-se alcalino. Quando a massa atinge os 55°C, é verificada a atuação dos decompositores de

hemiceluloses, ceras e proteínas. Quando a temperatura é de 65°C, dá-se a esterilização de sementes infestantes, esporos e ovos da maior parte dos microrganismos patogênicos presentes, de acordo com Silva (2000)

Segundo Kiehl (2001), à medida que se esgotam as substâncias de decomposição rápida, a intensidade das reações químicas diminui, assim como a temperatura da massa e os microrganismos mesofílicos mais uma vez predominam.

Posteriormente, ocorre uma fase de bioestabilização, quando ocorre a humificação, maturação ou cura, acompanhada da mineralização de nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, que passam da forma orgânica para a inorgânica (KIEHL, 2004). A decomposição prossegue lentamente, a temperatura diminui até atingir a ambiente, o pH aproxima-se do neutro. A duração desta fase de maturação, de acordo com Rynk (1992) é de no mínimo 30 dias.

De acordo com Epstein (1997) as variações de temperatura são responsáveis pela alternância das diferentes populações bacterianas presentes na massa de resíduos. Em geral, os microrganismos envolvidos nas operações de compostagem podem ser divididos em duas categorias principais: Bactérias e fungos (TRAUTMANN & KRASNY, 1997).

Segundo Azevedo (1999), os resíduos orgânicos são frequentemente reservatórios de organismos patogênicos e isso se deve ao fato de a coleta efetuada juntamente com demais frações de resíduos, ocasionando sua contaminação.

2.2.3 Fatores que afetam o Processo de Compostagem

Por ser um processo microbiológico, sua eficiência depende da ação e da interação de microrganismos, os quais são dependentes da ocorrência de condições favoráveis, como a umidade, os nutrientes, a aeração, a temperatura, o pH, os tipos de compostos orgânicos existentes, a relação carbono/nitrogênio, a granulometria do material e as dimensões das leiras (BIDONE, 2001).

As reações bioquímicas de oxidação da matéria orgânica ocorrem em fase líquida e dentre vários trabalhos realizados por Paiva (2008), o teor mínimo de umidade permissível seria de 40% e o teor máximo entre de 50 a 60%.

Quanto aos nutrientes, de acordo com relatos de Richard (1992a), os macronutrientes são necessários em quantidades relativamente grandes. Carbono e Nitrogênio são utilizados para a síntese de proteínas,

construção de células e reprodução, enquanto o Fósforo e Potássio são essenciais para reprodução celular e metabolismo, afirma o mesmo autor.

A taxa de aeração é outro fator imprescindível para um bom desempenho e eficiência do processo de compostagem, segundo Biddlestone & Grey (1991). Vários pesquisadores procuraram determinar a demanda ótima de oxigênio para crescimento microbiano e sugerem que esta concentração situe-se de 5 a 15% do volume de ar e que a quatia mínima para que condições anaeróbias não sejam desenvolvidas deve ser de 5% (WPCF, 1985).

A relação C/N fornece uma indicação da provável taxa de decomposição da matéria orgânica e, de acordo com Inácio & Miller (2009), uma relação acima de 50 é considerada alta e valores entre 30 e 40 são considerados adequados para a compostagem.

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH), as bactérias têm predileção por potenciais entre 6 e 7,5, enquanto os fungos agem em uma faixa de pH mais ampla, entre 5,5 e 8 (BOYD, 1984).

Já a granulometria, segundo Haug (1993), também é um fator que a afeta a compostagem, pois o processo de decomposição inicia-se junto à superfície das partículas. Como as partículas pequenas têm uma superfície específica maior, estas serão decompostas mais rapidamente, desde que exista oxigênio suficiente.

2.2.4 Os Lixiviados produzidos na Compostagem

O lixiviado gerado na compostagem é um efluente líquido de elevada carga orgânica e forte coloração, produzido pela decomposição química e microbiológica dos resíduos orgânicos ou pelo contato de águas pluviais com a massa de compostagem. Sua composição química apresenta grande variabilidade, dependência da natureza do resíduo depositado, manejo e do estágio da compostagem além de ser extremamente influenciada por fatores climáticos.

Diversos parâmetros são habitualmente estudados na caracterização de percolados. Sisino (2000) verificou que as avaliações da DBO, DQO, matéria orgânica, condutividade, pH, dureza, nitrogênio (total, orgânico e inorgânico), sulfato, cloreto, sólidos (totais, dissolvidos e em suspensão), fósforo, cálcio, magnésio, sódio, potássio e metais pesados são as mais efetuadas em pesquisas.

Análises de lixiviado caracterizam-se pela presença marcante de nutrientes como nitrogênio (N) e fósforo (P), ressalta Richard (1992b).

Boa parte do nitrogênio encontra-se na fase amoniacal, proveniente conversão de compostos orgânicos nitrogenados a nitratos em condições anaeróbicas, como pode ser observado na tabela constante no Anexo A e com as análises de lixiviados coletados sob leiras de compostagem de mistura de esterco com serragem efetuadas por Rymshaw et al. (1992), apresentadas na tabela do Anexo B.

2.3 Pátios de compostagem

O local onde se executa o processo de compostagem é denominado pátio de compostagem (FEAM, 2005).

Independente da técnica ou do porte, raras são as literaturas específicas a cerca de projetos de pátios de compostagem e ainda não há uma Norma Brasileira que oriente os profissionais desta área. A NBR 13591/1996 trata apenas na terminologia empregada na compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

Dentre os elementos constituintes necessários de um pátio de compostagem estão os elementos de controle de acesso, as leiras, a administração, as áreas de pré-processamento, as áreas de processamento e de pós-processamento e a zona de amortecimento (FEAM, 2005 e EPA, 1994).

A **Figura 5** mostra um dos pátios de compostagem descentralizados operados em Florianópolis/SC.



Figura 5 – Vista panorâmica do atual pátio de compostagem do Projeto Revolução dos Baldinhos.

FONTE: Arquivo pessoal da aluna.

Conforme relatos de Richard et al. (1990), a construção do sistema de base é uma das etapas mais sensíveis e importantes de um projeto de pátio de compostagem, inicia-se com a terraplenagem, remoção de cobertura vegetal e pedras que objetiva deixar a superfície no greide desejado. Segundo a Agência de Proteção Ambiental norte-americana, a superfície de um pátio não precisa necessariamente ser pavimentada, mas precisa ter resistência para não erodir diante das chuvas e/ou sofrer deformações. Recomenda-se que seja graduada com uma declividade tal que evite a erosão e que promova drenagem suave (EPA, 1994). Esta declividade varia entre 2 e 4% (RYNK, 1992; EPA, 1994). Deve ainda ser preferencialmente impermeabilizada (FEAM, 2005) e de acordo com relatos de Das (2011) o tipo de revestimento impermeabilizante adotado objetiva conter de modo adequado o chorume, principal poluente de lençóis freáticos.

Com relação à composição da base dos pátios de compostagem, de acordo com a EPA (1994), podem ser concretados, asfálticos ou de argila compactada simples ou em combinação com geomembranas⁵. A mesma fonte cita que a superfície pavimentada pode ser útil, dependendo do tamanho e localização da instalação e do quão lamacento pode se tornar o solo em períodos chuvosos. Quando constituída de material argiloso, deve ser executada com compactação de materiais em camadas de 20 cm em um total de 3 (três) camadas (FEPAM/RS, 2011). A escarificação e o controle do teor de umidade após a compactação de cada camada são extremamente importantes para a obtenção da condutividade hidráulica desejada (DAS, 2011).

A maior parte das literaturas nacionais não define o valor da condutividade hidráulica dos materiais para bases de pátios de compostagem. Alguns estados norte-americanos solicitam uma espessura de 2 pés e um coeficiente de permeabilidade menor ou igual a 1×10^{-7} cm/s (WDOE, 1991 apud EPA, 1994). Sabe-se que este valor é o mesmo aplicado às camadas de impermeabilização de aterros sanitários

⁵ Geomembrana é um tipo de geossintético utilizado como “barreira impermeável” ao líquido ou ao vapor. Os geossintéticos são materiais parecidos com tecido e feitos de polímeros, tais como o poliéster, polietileno, polipropileno, cloreto de polivinila (PVC), náilon, polietileno clorado e outros (DAS, 2011). São praticamente impermeáveis, pois sua condutividade hidráulica está na faixa de 10^{-10} e 10^{-13} cm.s⁻¹.

(DAS, 2011). No entanto, a Diretriz Técnica N°002/2011 da Fundação Estadual de Proteção Ambiental do Estado do Rio Grande do Sul (FEPAM/RS) define que a área selecionada para implantação de Unidade de Compostagem de cascas de arroz deve haver predominância de material com coeficiente de permeabilidade inferior a 5×10^{-5} cm/s no subsolo natural e possuir uma camada natural de solo insaturado, entre a superfície inferior da área e o mais alto nível do lençol freático de, no mínimo, 1 (um) metro, medido em período de maior precipitação pluviométrica da região.

Com relação ao tamanho de um pátio de compostagem, é função da quantidade de material que unidade recebe para compostagem e do nível de tecnologia utilizado e segundo a EPA (1994), a área necessária depende das características da matéria-prima, da densidade inicial e final da dos materiais e do conteúdo de umidade.

Quanto às dimensões das leiras para método de pilhas estáticas de aeração passiva, de acordo com Inácio e Miller (1999), devem ter uma altura de 1,20 a 1,50 metros e largura de cerca de 2,0 metros, enquanto o seu comprimento é variável.

Os controles de acesso são constituídos por cercas com portões de acesso chaveáveis (RYNK, 1992). A administração deverá contar com número de vestiários, armários, chuveiros conforme estabelecido em Normas Regulamentadoras de Saúde e Medicina do Trabalho.

A área de pré-processamento é constituída pela área de lavação de contentores e pelas áreas de estocagem de matérias-primas. As áreas de armazenagem de matérias-primas são destinadas à armazenar o volume de estruturantes utilizadas na formulação da massa de compostagem. A área de armazenagem emergencial é um espaço previsto para armazenagem em caso de anormalidade em que o pátio eventualmente não funcione por curto período de tempo.

A área de processamento é a que comporta os pátio de compostagem ativa e pátio de cura, conforme a EPA (1994). O pátio de compostagem ativa é onde se dá a fase ativa da compostagem, enquanto o pátio de cura é onde se dá a maturação do composto, última etapa de compostagem. A área pós-processamento é constituída pelo setor de peneiramento/empacotamento e pelo pátio de estocagem propriamente dito, que tem uma capacidade de armazenar o volume diário produzido por determinado período definido em projeto.

Faz-se necessário estabelecer uma área para lavagem dos contentores, que devem possuir paredes e piso revestidos por material com material que cumpra efeito de impermeabilização da estrutura.

Os principais sistemas de controle identificados nas literaturas como necessários quando do projeto de um pátio de compostagem são o sistema de base para áreas de processamento e pré-processamento, sistema de drenagem de águas pluviais, sistema de coleta e tratamento/destinação de lixiviados, sistema de coleta e tratamento de efluentes da administração.

O pátio de compostagem deverá contar com sistema de drenagem de águas pluviais a fim de impedir que o escoamento proveniente de áreas de montante entre em contato com a área do pátio de compostagem, pois estas águas quando em contato com a massa de compostagem podem carrear nutrientes de acordo com Richard (1992b).

Nos pátio de compostagem sem cobertura, deve-se instalar ainda um sistema de drenagem de lixiviados a fim de conduzir estes efluentes a uma destinação adequada. Quanto aos sistemas de destinação de lixiviados verificados nas literaturas consultadas, em geral são três os destinos: a recirculação, a valorização como biofertilizante e o tratamento propriamente dito.

A recirculação dá-se nas próprias leiras, de modo a inocular a massa de compostagem e promover aceleração no processo de decomposição. De acordo com pesquisas realizadas por Barreira et al. (2005), não foi encontrada na literatura restrição para esta prática. No entanto, segundo alguns autores, poderá assim ser utilizado até a fase termófila, de modo a garantir que não haja hipótese de contaminação por patógenos. Não constam registros a cerca de vazões e frequência de recirculação na literatura.

No que se refere à valorização do lixiviado de leiras de compostagem, Farias (2010) indica a utilização como biofertilizante líquido e cita a aplicação “in natura” em plantas como bananeiras ou ainda sua diluição para aplicação em plantas mais sensíveis como as hortaliças.

Quanto ao tratamento, considerado uma técnica de “final de tubo”, os manuais de prevenção à poluição apontam para que seja aplicado como última alternativa. O tipo de tratamento passa ser definido a partir das análises físico-químicas e microbiológicas a serem efetuadas quando da caracterização do efluente (RECESA, 2008). Espera-se que a qualidade de um lixiviado de compostagem tenha

características diversas de um lixiviado de aterro, daí a importância da definição da tecnologia do tratamento estar vinculada à caracterização do efluente. A decisão por um ou outro tipo de tratamento costuma ser efetuada com base na interpretação dos resultados de análises laboratoriais, na interpretação dos parâmetros de qualidade em conjunto com outros fatores limitantes, como disponibilidade de área, disponibilidade de recursos, cita a mesma fonte.

No caso de lixiviados de aterros, no Brasil é muito comum o tratamento por lagunagem. No entanto, independente da tecnologia empregada, faz-se necessário verificar os aspectos particulares de cada caso. Quando o pátio de Compostagem está localizado em área urbana, espaço físico requerido e proliferação de vetores devem ser analisados com maior cuidado. O que parece mais se aproximar da solução para o problema dos lixiviados de compostagem de pátios de pequeno porte é o controle dos fatores que influenciam a compostagem.

No caso de tratamento do lixiviado e posterior lançamento em corpo hídrico, o mesmo deverá atender aos padrões de lançamento constantes na Resolução CONAMA 430/2011, conforme orienta o §1º da mesma.

Quanto ao efluente proveniente de áreas administrativas e de lavagem de contentores, são considerados como efluente doméstico e, após tratamento e desinfecção com posterior lançamento em corpo hídrico, o mesmo deverá atender aos padrões de lançamento constantes na Resolução CONAMA 430/2011, conforme orienta o §2º da mesma.

2.3.1 Os impactos potenciais de um pátio de compostagem por método de leiras estáticas de aeração passiva

Um impacto ambiental é um efeito da ação/atividade humana no ambiente e pode ser classificado como positivo ou como negativo (SANCHÈZ, 2006). O impacto é considerado positivo quando a ação resulta na melhoria na qualidade de um fator ou parâmetro ambiental e negativo quando a ação resulta em dano à qualidade de um fator ou parâmetro ambiental.

O lixiviado produzido durante a decomposição das matérias primas, Figura 5, ou pelo contato de águas pluviais com as mesmas pode penetrar no solo, contaminá-lo e causar redução de sua biota devido à presença de alta carga de DBO e fenóis (RICHARD, 1990a; REIS, 2005), oferecer risco à qualidade das águas subterrâneas ou ainda escoar pela superfície do pátio, oferecendo risco à qualidade das águas superficiais e de solos de áreas adjacentes.



Figura 6 – Formação de chorume nas leiras do Projeto Revolução dos Baldinhos.

FONTE: Arquivo pessoal da aluna.

Trata-se de um fator de impacto negativo e as principais medidas de controle residem no monitoramento e correção do teor de umidade nas leiras, na manutenção da relação C/N dentro de uma faixa ótima em que a formação do chorume é diminuída ou eliminada, na adoção de cobertura para o pátio, na implementação de sistema de impermeabilização da base do pátio de compostagem e das áreas de armazenamento das matérias-primas, na implementação de sistema de drenagem de águas pluviais, de sistema de coleta e armazenamento dos lixiviados para posterior recirculação, valorização do efluente como biofertilizante ou ainda tratamento para posterior disposição em corpo hídrico.

A presença do pátio de compostagem mal executado pode descaracterizar local de implantação e causar impacto visual, que é um impacto negativo (RICHARD, 1992b). Este impacto pode ser amenizado por meio da aplicação de ferramentas de ecopaisagismo tais como o cortinamento vegetal (RICHARD et al., 1990; EPA, 1994; FEAM, 2005). Nesta técnica, em acordo com a EPA (1994), consiste na implementação de um cinturão formado por árvores e arbustos de espécies nativas da região que envolve a área do pátio de compostagem funcionando como zona de amortecimento.

É importante reconhecer que a compostagem pode gerar odores e que estes são identificados nas áreas de compostagem ativa e nas imediações de um pátio de compostagem. A principal causa deste fator de impacto negativo é a ocorrência de anaerobiose na leira de

compostagem (RYNK, 1992) e consequente tendência de gerar odores devido à formação de sulfeto de hidrogênio, aminas e metano (Richard, 1992a). As principais formas de controle, de acordo com estes autores, são o controle dos fatores que afetam a compostagem, através da elaboração de um plano de controle de odores e da execução de cortinamento vegetal de modo a dificultar a dispersão destes odores para áreas circunvizinhas. Esta técnica é muito utilizada em obras de saneamento tais como Estações de Tratamento de Esgotos, onde costuma-se adotar faixas acima de 4m de largura, de acordo com fontes como a CETESB e a SANEPAR.

Outro fator de impacto negativo dá-se pela atração de pequenos animais e insetos que podem carregar patógenos (RICHARD, 1992b). Os vetores mecânicos mais comuns são as moscas, mosquitos, baratas e ratos. Estes últimos são atraídos pelo alimento, enquanto as moscas pelas condições anaeróbias (EPA, 1994). As principais formas de controle deste fator de impacto, em acordo com estas literaturas, são o adequado manejo dos fatores intervenientes na compostagem, medidas de antirratização, implantação de sistemas de drenagem e a elaboração de um plano de controle de vetores.

Não menos importantes são os potenciais fatores de impactos causados à saúde dos operadores dos pátios de compostagem. Os operadores têm contato permanente com os resíduos orgânicos (grau de insalubridade máximo de acordo com a Norma Regulamentadora 15) e, durante a montagem manual de leiras faz-se necessário o levantamento e manobras de contentores. De acordo com a Norma Regulamentadora 17, os limites de levantamento de cargas, que são diferentes para homens e mulheres, precisam ser considerados. Este impacto, de acordo com a EPA (1994), pode ser controlado por meio da utilização de Equipamentos de proteção individual, implantação de plano de conscientização dos operadores para sua utilização e observância das Normas Regulamentadoras.

Incêndios criminosos e deposição irregular de resíduos em pátio de compostagem também são impactos negativos registrados em pátios de compostagem. A Figura 7 mostra a deposição irregular de diversos materiais (tais como pneus, madeiras e papéis) em uma área onde há uma pátio de compostagem. As principais causas destes fatores de impacto são a inexistência de controle de acesso ao pátio, atos de vandalismo e falta de uma abordagem eficiente para a sensibilização da comunidade local quanto à gestão de resíduos sólidos.



Figura 7 – Resíduo disposto irregularmente em um pátio de compostagem na cidade de Florianópolis.

FONTE: Arquivo pessoal da aluna.

Estes impactos podem ser minimizados quando da adoção de medidas como a vigilância, restrição de acesso por implantação de barreiras físicas (EPA, 1994), pela elaboração de ações de sensibilização da população, afim de que compreenda que o empreendimento não se trata de um mero local de deposição inadequada de resíduos, e que compreenda a importância da gestão local do resíduo produzido.

Dentre os impactos positivos da presença de um pátio de compostagem estão a produção de Composto, cuja utilização na agricultura urbana e familiar permite a reciclagem dos nutrientes, a promoção da Educação Ambiental, a valorização dos resíduos orgânicos, a geração de trabalho e de renda para as famílias envolvidas, o aumento da vida útil do aterro sanitário, a melhoria da qualidade de vida e da imagem da comunidade envolvida na gestão descentralizada de resíduos e promoção da cidadania.

2.3.2 O Enquadramento da Atividade

Apesar de ser considerada uma ferramenta para diminuir os impactos ambientais dos resíduos, a compostagem necessita de Licenças Ambientais (PITCH, 2011).

Diante da listagem proposta pela resolução CONSEMA 003/2008, não há uma definição precisa para a atividade de compostagem descentralizada com segregação na fonte tal como a efetuada através do Projeto Revolução dos Baldinhos. O item que mais se aproxima na referida resolução é o 34.41.12 - Central de triagem de

resíduos sólidos urbanos com ou sem tratamento orgânico, cujo potencial poluidor/degradador é classificado como mostra a Tabela 3.

Tabela 3 – Potencial poluidor/degradador para atividades listadas como da categoria 34.41.12 da Res. CONSEMA 003/2008

Compartimento	Potencial degradador
Ar	P
Água	M
Solo	M
Geral	M

FONTE: Adaptado do Anexo 1 da Res. CONSEMA 003/2008.

O porte é classificado de acordo com a quantidade de resíduos (ton/dia), como mostra a Tabela 4. O órgão ambiental responsável pelo licenciamento ambiental desta atividade em Florianópolis até o presente momento é a FATMA. O procedimento para o licenciamento inicia com o preenchimento do Formulário de Caracterização de Empreendimento (FCEI). Após uma análise preliminar, o corpo técnico do órgão ambiental expede a listagem dos requisitos.

Tabela 4 – Estudo exigido para cada porte de empreendimento listadas como da categoria 34.41.12 da CONSEMA 003/2008

Quantidade de Resíduos (ton/d)	Porte	Estudo exigido
$QT \leq 30$	Pequeno	RAP
$30 < QT \leq 50$	Médio	RAP
$QT > 50$	Grande	EAS

FONTE: Adaptado do Anexo 1 da Res. CONSEMA 003/2008

A partir de então, dá-se procedimento à elaboração do Relatório Ambiental Simplificado, uma solicitação à FATMA de licenciamento prévio (LP) e posterior licença de instalação (LI) e de operação (LO), conforme o item número 34.41.12 da tabela de atividades passíveis de licenciamento e formulário específico, disponibilizadas no site, observando diretrizes técnicas mínimas.

2.4 A Gestão descentralizada de Resíduos Orgânicos na Região Continental de Florianópolis

Dentre os modelos de Gestão descentralizada de Resíduos Sólidos Orgânicos em Florianópolis, cabe destacar o Projeto Revolução

dos Baldinhos, desenvolvido pela Comunidade Chico Mendes, na região continental do município.

A Região Continental possui característica urbana residencial e algumas zonas comerciais, que embora seja predominantemente de classe média, há presença de comunidades inseridas na classe de muito baixa renda. A Comunidade Chico Mendes, por sua vez, compreende área caracterizada por apresentar malha viária caótica, terrenos irregulares, habitações precárias e considerável número de pessoas vivendo em situação de risco (FARIAS, 2010). De acordo Andrade et al., a Chico Mendes juntamente com as comunidades Nossa Senhora da Glória e Novo Horizonte, estão inseridas no Bairro Monte Cristo. Este bairro é considerado um aglomerado subnormal de acordo com o IBGE (2010) e que ocupa uma área aproximada de 127.000 m².

A área onde hoje se encontram estas comunidades era inicialmente destinada à construção de um estádio de futebol e, mais tarde foi destinada à construção de um conjunto habitacional e por fim foi alvo de ocupação por famílias de baixa renda, de acordo com Ribeiro (2005). O processo de ocupação da região iniciou-se na década de 70, quando pessoas oriundas de processo migratório da Região Serrana e Oeste Catarinense ocuparam as terras públicas da COHAB/SC (SCHMOELLER, 2008) devido ao enfraquecimento da economia das cidades do interior do estado (ROSA, 2007). A COHAB/SC passou a admitir a permanência das famílias no local, diante das dificuldades de conter a ocupação e por falta de alternativas habitacionais compatíveis com o perfil financeiro das famílias (FLORIANÓPOLIS, 2000) e por fim, a área foi doada à PMF, mediante Termo de Compromisso, com fim específico de regularização da área ocupada.

A formação das comunidades apresenta três momentos distintos, de acordo com relatos de Andrade et al (2001): Nossa Senhora da Glória, Chico Mendes e Novo Horizonte nos anos de 1975, 1980 e 1985, respectivamente. Mais tarde, a ocupação deu-se por pessoas de diversos pontos do país.

De acordo com Schmoeller (2008), devido à carência de tratamento institucional dado ao saneamento básico do bairro e por estar esteticamente mais visível na entrada da cidade, no passado esta região era chamada vulgarmente de “Lixão da Cidade”. As pesquisas da autora apontam que os resíduos eram jogados a céu aberto, formando “montanhas”, as quais eram acrescidas de resíduos trazidos por moradores de outros bairros.

A assessoria de Organizações Não-Governamentais (ONG's), como o Centro de Educação e Evangelização Popular (CEDEP) e o Centro de apoio ao Migrante (CAPROM), teve papel decisivo no processo de organização destas comunidades. Por meio de tal organização foram conquistadas melhorias de infraestrutura e implantação de serviços e equipamentos, sobretudo os de atendimento à criança e ao adolescente, de acordo com Justino (2004). Apenas em 1994 é que a PMF iniciou intervenção social na região. Da ação conjunta do Poder público, ONG's e entidades representativas locais repercutiu na formação da Comissão do Meio Ambiente, do Conselho Local de Saúde, implantação do programa Saúde da Família, constituição da Comissão da Casa da Cidadania, implantação da Associação de Recicladores de Resíduos Sólidos "Esperança" (ARESP), implantação da rede de esgotamento sanitário e construção de módulos sanitários (PRÓSANEAR) dentre outras iniciativas (SILVA, 2008).

O primeiro cadastro censitário, sócio econômico e físico destas comunidades foi efetuado no ano de 1998 e teve como objetivos conhecer a realidade e compor um perfil da população para o estabelecimento de políticas na questão da regularização fundiária, urbanização e desenvolvimento comunitário integral, sendo feito o levantamento aéreo fotogramétrico com a devida restituição. Foi identificado que residiam nas três comunidades 1.109 famílias (FLORIANÓPOLIS, 2001).

Segundo Farias (2011), no ano 2000 um novo recenseamento foi realizado, quando a comunidade já somava 1.383 famílias. Deste recadastramento, 85% das famílias recebiam até três salários mínimos e os principais problemas sociais identificados naquela comunidade foram o alto índice de violência, o tráfico de drogas e baixos níveis de escolaridade e de renda dos moradores (SILVA, 2008).

Em 2008, a partir da iniciativa de uma equipe multidisciplinar da Saúde da Família do Centro de Saúde do Bairro Monte Cristo, foi convocada uma reunião entre as instituições do Bairro, representantes de creches, escolas e associações, frentes de trabalho temporárias e o Centro de Agricultura de Grupo (CEPAGRO). Objetivou-se construir estratégias para conter a proliferação de roedores e disseminação de doenças na comunidade. Foi constatado que a desratização (método temporário) seria insuficiente e que ações permanentes como a antirratização (medidas preventivas e corretivas) e mudança de hábitos da população seriam imprescindíveis. Iniciou-se a segregação dos resíduos orgânicos domiciliares em baldes e tambores plásticos que, por

sua vez, seriam encaminhados para compostagem e finalmente utilizados em horta comunitária.

Uma parceria entre a Escola Estadual América Dutra Machado e a comunidade foi então selada e oficinas de compostagem de resíduos orgânicos passaram a ser ministradas. Instituiu-se, então, o projeto “Revolução dos Baldinhos” na comunidade. Durante o trimestre subsequente, agentes ligadas ao projeto efetuaram a sensibilização da comunidade quanto à segregação e armazenagem dos orgânicos em baldes e posteriormente em Postos de Entrega Voluntários (PEV).

Mais tarde, a coleta que inicialmente era efetuada com carrinhos de mão, passou a ser feita com carrinho de tração humana. A partir de 2009, bolsistas de extensão da Universidade Federal de Santa Catarina passaram a apoiar o projeto.

A agricultura urbana (AU) é uma atividade importante para moradores de comunidades periféricas como a Chico Mendes porque boa parte desta população é oriunda de áreas rurais. Além disso, a atividade também contribui para um maior envolvimento comunitário, aumento da consciência ambiental e ecológica dos moradores e maior articulação entre as entidades, como a escola América Dutra Machado, a creche Chico Mendes, o centro de saúde e a associação comunitária (ALVES, 2010).

Mesmo com reconhecimento internacional como exemplo em desenvolvimento sustentável, este projeto ainda não conta com apoio direto do poder público local, que não tem incentivado a criação de núcleos populares ou de núcleos de estudos relacionados às atividades de reciclagem destes resíduos.

De acordo com as diretrizes do Estatuto da Cidade, o município é responsável por formular a política urbana e garantir melhores condições de vida à população, por meio de moradia, serviços e equipamentos urbanos, transporte público, saneamento básico, saúde, educação, cultura, lazer e todos os direitos intrínsecos aos que vivem na cidade (INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL, 2001). Um Plano Diretor deve, portanto, considerar as necessidades da sociedade e garantir sua efetiva participação organizada nas etapas de sua discussão. No caso do Município de Florianópolis, que possui inúmeros problemas de ordenação espacial, necessita de uma nova política de planejamento urbano (SANTIAGO et al., 2008). O atual Plano Diretor falha por não prever as áreas imprescindíveis para a consolidação e disseminação de projetos como o desenvolvido pelos jovens da Comunidade Chico Mendes. Paralelamente, os interesses

comerciais e a especulação imobiliária têm desacelerado a revisão do Plano e lamentavelmente têm prevalecido em relação aos valores culturais, ambientais e às necessidades sociais presentes na área continental da cidade.

3 METODOLOGIA

Não há uma norma que oriente profissionais que atuam em projetos de pátios de compostagem. Deste modo, este trabalho foi desenvolvido em duas etapas. A primeira etapa foi realizada com base em pesquisas bibliográficas, consultas a profissionais que desenvolvem atividades de compostagem, por meio de analogia com as obras de saneamento tais como obras de drenagem de rodovias e visitas técnicas aos pátios de compostagem da região, de modo que os elementos e sistemas necessários a um pátio de compostagem operado com sistema de “leiras estáticas com aeração passiva” fossem identificados e uma descrição detalhada da comunidade, do empreendimento fosse efetuada.

Na segunda etapa, foi efetuado o projeto do Pátio de Compostagem, composto por um memorial descritivo, um memorial de cálculo e pelas plantas desenhadas a partir dos cálculos detalhadamente descritos e desenvolvidos nos memoriais.

De posse das informações do censo de 2010 para o município de Florianópolis, foram geradas cinco linhas de tendência com auxílio de planilha eletrônica do tipo “Calc”, sendo respectivamente as linhas de tendência exponencial, potencial, logarítmica, linear e polinomial. A linha de tendência com maior coeficiente de correlação (R^2) foi a selecionada. Definida a linha de tendência, foi efetuada a previsão de crescimento populacional da área urbana do Município de Florianópolis até o ano de 2027 (ano definido como ponto em que o sistema opera em máxima capacidade) e foram utilizados 5 (cinco) métodos de previsão de crescimento populacional: método da regressão matemática, do crescimento, previsão, aritmético e pelo método geométrico, respectivamente. As taxas de crescimento ano a ano (TCA) para o período de projeto (2013 a 2027) foram obtidas por meio de cada um dos cinco métodos de previsão de crescimento populacional foram confrontadas com as TCA da linha de tendência selecionada. O método selecionado (método da regressão matemática) foi o que apresentou a menor soma acumulada das diferenças entre sua TCA e a TCA da linha de tendência pré-estabelecida.

Diante da indisponibilidade de informações sobre a população da Comunidade Chico Mendes, esta foi considerada como sendo a soma de sete setores censitários do IBGE (2010).

As taxas de crescimento obtidas por meio do método da regressão matemática foram aplicadas à população adotada como sendo da

Comunidade Chico para o ano de 2010 e obteve-se, desta forma, a população esperada para o período de 2013 a 2027.

Esta população prevista, juntamente com informações obtidas por meio do PMISB (2010) e PGRS (2011) respectivamente a geração per capita de 0,77kg/hab.dia e o percentual da fração orgânica dos RSU de 46,35% e com auxílio da densidade aparente dos resíduos orgânicos da Comunidade em questão que é de 1000kg/m³ (FARIAS, 2010) foi determinada a geração de resíduos no alcance no projeto. Este valor de resíduo gerado quando submetido à metodologia proposta por Rynk (1992) com adaptações para o método de compostagem de leiras estáticas de aeração passiva e uma formulação de massa específica, teve como produto os volumes de matérias estruturantes necessários, o volume da massa de compostagem, as dimensões das áreas de processamento e pós-processamento do pátio e as áreas de pré-processamento que foram estimadas com base nos volumes de matérias-primas e número de contentores de resíduo orgânico.

Os compartimentos da administração foram concebidos segundo as necessidades identificadas nas visitas técnicas e nos requisitos das Normas Regulamentadoras (NR), conforme o número previsto de funcionários a serem alocados no ano de alcance de projeto.

Quanto ao dimensionamento do sistema de coleta dos efluentes da administração, lavação e boxes para armazenamento de matérias-primas, foram efetuados segundo as normas da ABNT para sistemas sanitários prediais.

Por fim, foram elaborados os desenhos dos elementos constituintes do pátio de compostagem por meio de um software de desenho assistido por computador (CAD), seguindo as normas para desenhos técnicos da ABNT, a partir das dimensões obtidas no memorial de cálculo e das considerações efetuadas e descritas nos memoriais.

4 RESULTADOS

4.1 Memorial Descritivo

4.1.1 Caracterização da Área de Implantação

Por meio de visita técnica ao atual pátio de compostagem do Projeto Revolução dos Baldinhos realizada no dia 08 de maio de 2012, foi efetuado um levantamento de informações do empreendimento, foi efetuado o reconhecimento da sua área de implantação, foram obtidas informações relevantes acerca da comunidade Chico Mendes, observadas as características locais da Comunidade, as características topográficas da alternativa de terreno, um registro fotográfico e a reprografia do termo de uso do terreno foram efetuados. Foi verificado o sentido de escoamento das vias, potenciais pontos de implantação de unidades fundamentais do sistema de tratamento de percolado e da estação de tratamento do efluente da administração.

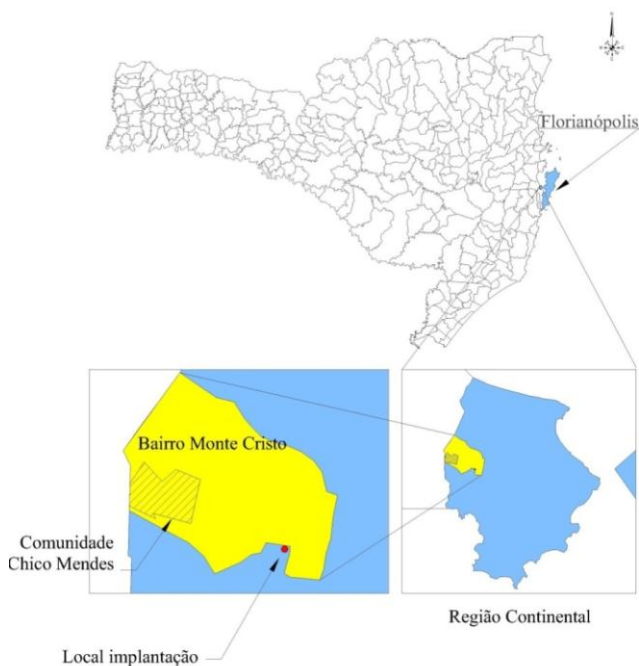


Figura 8 - Localização da área de implantação do pátio de compostagem.

FONTE: Arquivo pessoal da aluna.

A Comunidade Chico Mendes está inserida na região continental de Florianópolis, como mostra a Figura 8. As leiras de compostagem operadas pelo Projeto Revolução dos Baldinhos estão localizadas atualmente em terreno localizado em frente ao Residencial Panorama, em uma Área Comunitária Institucional (ACI) de propriedade da COHAB/SC, no Bairro Capoeiras.

A **Figura 9** mostra o atual pátio de compostagem (região hachurada na cor laranja) operado segundo o método de leiras estáticas de aeração passiva, em ambiente aberto, com compostagem termofílica de tempo de duração lento e escala de produção pequena.



Figura 9 - Antiga localização do pátio de compostagem (hachura cor laranja), campo de futebol (hachura cor amarela) e proposta para nova localização (hachura cor azul).

FONTE: Arquivo pessoal da aluna, adaptado de Google Earth (2012).

Diante da resistência de alguns moradores de áreas circunvizinhas ao atual pátio e da necessidade de regularização do pátio, foi obtido junto à Secretaria Municipal do Continente um termo de uso de terreno e será efetuada sua realocação. A alternativa de terreno proposta para realocação e implantação do empreendimento situa-se na esquina da Rua José Machado Simas com a Servidão João Salvador no Bairro Capoeiras e conta com área de 5052,04 m² de área, da qual deverá ser descontada a área do campo de futebol já edificado.

Tal área foi cedida pela Prefeitura Municipal de Florianópolis (Secretaria Municipal do Continente) mediante termo de uso de bem público firmado por período indeterminado ao CEPAGRO para desenvolvimento de projeto social junto à Comunidade Chico Mendes e imediações na produção de composto, com objetivo de gerar trabalho e renda para os jovens da comunidade.

De uma visita técnica realizada à SUSP (Secretaria de Serviços Públicos) na Prefeitura Municipal de Florianópolis, em junho de 2012, foi constatado que o terreno se trata de uma Área Verde de Lazer (AVL), conforme indica o Microzoneamento do Município de Florianópolis, ilustrado no Anexo E (área grifada em vermelho).

Nova visita técnica ao IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis) e à Secretaria Municipal do Continente foi efetuada, quando foi obtido o levantamento planimétrico do referido terreno.

Quanto à formulação de massa da compostagem, fazem parte os resíduos sólidos urbanos domiciliares orgânicos produzidos na Comunidade Chico Mendes e os resíduos estruturantes que são a palha e a serragem. Sendo estes últimos provenientes do Ceasa e da Hípica, respectivamente. Segundo relatos do engenheiro agrônomo responsável, os resíduos são misturados em uma proporção de volume em média de 50L de Resíduo Orgânico da Chico Mendes: 25L palha: 25L de serragem.

4.1.2 Descrição dos Métodos Utilizados

Método Racional

Este método foi utilizado para estimar a vazão de pico a ser drenada na área de interesse.

Uma drenagem superficial das águas pluviais contribui para uma diminuição da quantidade de percolado produzido em uma unidade de compostagem, uma vez que impede a entrada de águas pluviais provenientes de áreas adjacentes. Dispositivos de drenagem pluvial definitivos podem ser instalados, tais como bermas, taludes e vias de acesso. No entanto canaletas de drenagem podem auxiliar a divergir o fluxo das referidas águas.

Com intuito de obter uma melhor drenagem pluvial, foram projetados canais de forma a afastar as águas da chuva e evitar a formação de líquidos lixiviados. A área da bacia será drenada por quatro canais em formato meia-cana.

O dimensionamento da rede de drenagem de águas pluviais implica no conhecimento prévio da vazão contribuinte que pode ser determinada através do Método Racional, que é um método simples e mais frequentemente utilizado para estimativa da vazão máxima de projeto para bacias pequenas urbanas ($\leq 5 \text{ km}^2$). As descargas de pico foram dimensionadas a partir da fórmula:

$$Q = \frac{C \times i \times A}{3,6}$$

Onde:

Q é a vazão a ser drenada na área considerada (m^3/s);

C é o coeficiente de escoamento superficial (0,25);

A é a área da bacia contribuinte (km^2);

i é a intensidade de chuva crítica (mm/h).

O coeficiente de escoamento superficial é função do tipo de solo, da cobertura e declividade.

Nesse método admitem-se os seguintes princípios:

- Considera-se a duração da precipitação intensa de projeto igual ao tempo de concentração, admitindo-se que a Bacia é suficientemente pequena;
- Adota-se um coeficiente de perdas estimado com base nas características da bacia (C);
- Não é avaliado o volume de cheia e a distribuição temporal das vazões.

Como a área de estudo compreende 0,5 hectare (foi considerado todo o terreno e, portanto, inclusa a área referente ao campo de futebol), que é menor que 5 Km^2 , essa fórmula para estimar a vazão de pico.

No que se refere à equação de chuva intensa, em um sistema de microdrenagem é de extrema importância a estimativa desta precipitação. Essa estimativa está diretamente relacionada a um Período de Retorno (frequência com que uma precipitação com determinada intensidade pode ser igualada ou superada) e com um tempo de concentração. Os sistemas de microdrenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 2, 5 ou 10 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar. Por questões de segurança, para este estudo foi adotado um tempo de retorno igual ao período de projeto, que é de 15 anos.

O tempo de concentração foi estabelecido como sendo igual a 10 minutos e foi recomendado por um especialista na área de drenagem.

A Intensidade da Chuva (i)

A intensidade de chuva crítica, neste caso, foi calculada pela equação de chuvas intensas para a cidade de Florianópolis, obtida por Pompeu, para tempo de concentração menor que 60 minutos (FESTI, 2007):

$$i_{\text{máx}} = 145 \times T_r^{0,32} / (t-1,18)^{0,34} \text{ para } t \leq 60 \text{ min}$$

Onde:

i é a intensidade de chuva crítica (mm/h) = 1704mm/h (PETERS, 2006);

T_r é o período de retorno (anos);

t_c é o tempo de concentração (minutos).

O Método para Dimensionamento dos Canais de drenagem Pluvial

A metodologia utilizada para o dimensionamento dos canais de drenagem pluvial deu-se através do uso da fórmula de Manning, para uma seção transversal pré-estabelecida como sendo uma meia-cana pré-fabricada de concreto.

A declividade do canal foi estabelecida como sendo igual a 3%.

De posse da vazão de pico, das relações de área molhada e perímetro molhado para seção meia cana, e do número de Manning da rugosidade (n) para o material concreto em condições regulares, aplica-se a fórmula de Manning e por interação encontra-se o valor do raio da seção da canaleta.

$$Q = \frac{R_h^{2/3} \times A \times \sqrt{I}}{n}$$

Considerando a configuração da meia cana, tem-se:

n = coeficiente de Manning = 0,013 (PORTO, 2005)

A = área molhada do canal (m^2) = $(\pi \cdot r^2)/2$

R_h = raio hidráulico do canal (m) = $r/2$

i = declividade do terreno (m/m)

Q é a vazão a ser drenada na seção considerada (m^3/s).

Método Suíço

Dentre os métodos de estimativa de volume de lixiviados, os mais complexos são os que se baseiam no balanço hidrológico, que necessitam de grande número de informações. Pelo fato de se tratar de um pátio de pequeno porte, e na falta de dados para aplicação do método do balanço hídrico, foi adotado um modelo mais simplificado de estimativa.

O método utilizado foi o Método Suíço, muito utilizado para estimativa de percolados de aterros sanitários, que tem um método de formulação semelhante ao Método Racional, entretanto não considera os efeitos da evaporação potencial. Este método pode ser utilizado para estimar a quantidade de lixiviado produzida pelas leiras de compostagem e tal estimativa é utilizada para que um sistema de drenagem de líquidos lixiviados possa alcançar o objetivo de conduzir os líquidos para o sistema de tratamento, evitando seu acúmulo na massa de resíduos e os possíveis problemas de instabilidade associados (RECESA, 2008).

A configuração da rede de drenagem de lixiviados selecionada será em forma de linhas, sistema conhecido como espinha de peixe, na qual o sistema fluirá por gravidade para as áreas de acúmulos. A opção de saída será um poço de acumulação.

A vazão de lixiviado é estimada de acordo com a seguinte expressão:

$$Q = \frac{1}{t} \cdot P \cdot A \cdot K$$

Onde:

Q : vazão média de lixiviado (L/s);

P : precipitação média anual (mm);

A : área do aterro (m²);

t : número de segundos em um ano (s);

K : coeficiente que depende do grau de compactação dos resíduos (adimensional), variando segundo a Tabela 5.

Tabela 5 - Fator K para aterros sanitários

Peso específico dos resíduos	K (adimensional)
0,4 - 0,7 t/m ³ (pouco compactados)	0,25 - 0,5
> 0,7 t/m ³ (muito compactados)	0,15 - 0,25

FONTE: Manual de dimensionamento aterros (CETESB, sd)

Adotou-se K = 0,50, considerando os resíduos com peso específico de até 0,7t/m³ (pouco compactado).

O dreno foi constituído por um tubo PEAD perfurado cujo diâmetro será calculado através da equação de Manning-Strickler:

$$D = 1,55 \left(\frac{n \times Q}{\sqrt{I}} \right)^{0,375}$$

Onde:

D é o diâmetro da tubulação (m);

Q é a vazão a ser drenada (m³/s);

n é o coeficiente de rugosidade (n = 0,012 para tubo PEAD);

I é a declividade em (m/m)

O dreno utilizado foi do tipo francês, ou seja, drenos com seção retangular com tubo circular perfurado, brita como meio drenante, envolto por geotêxtil para evitar colmatção, sendo por meio deles, conduzido o percolado até um tanque de concentração. O Geotêxtil foi adicionado pois exerce a função de filtração e separação, permitindo a livre passagem do fluido, ao mesmo tempo, que retém as partículas do solo impedindo a penetração no tubo, garantindo a integridade e os objetivos de cada um desses materiais, evitando que ocorra colmatção das camadas drenantes, de acordo com informações do manual Tigre de drenagem.

Optou-se por essa configuração pelo fato da presença da tubulação ser um fator de segurança, pelo fato do custo de um colchão drenante ser muito elevado e por já ter sido adotado em alguns pátios de compostagem da região.

O horizonte de projeto para esta obra foi estabelecido como sendo 15 anos (2013 à 2027). Um horizonte de projeto é adotado em obras de saneamento porque estas precisam ser dimensionadas para atender uma população futura. A referida população correspondente ao crescimento

demográfico em um determinado período, mais conhecido como alcance de plano ou horizonte de projeto, momento em que o sistema opera a plena capacidade.

Metodologias para Estimativa da População

A análise populacional partiu de dados da população do município de Florianópolis, mais especificamente dos censos de 1960 até 2010, definiu a TCA ano a ano para a população urbana do município e aplicou-a na população considerada como sendo da Comunidade Chico Mendes.

A população urbana foi considerada no estudo por dois motivos: primeiro porque a área de estudo encontra-se na área urbana e segundo porque o crescimento urbano é diferente do crescimento total (urbano + rural) e por isso para este caso a população rural do município foi desconsiderada.

A partir dos dados censitários de Município, foram geradas 5 (cinco) linhas de tendência, respectivamente exponencial, potencial, logarítmica, linear e polinomial.

A que apresentou melhor fator de correlação foi a selecionada. A partir das informações dos recenseamentos obtidos do IBGE, da linha de tendência selecionada e admitido o início das operações como sendo o ano de 2013, foi obtida a população final a ser atendida de acordo com a taxa de crescimento estimada. As taxas de crescimento ano a ano obtidas foram comparadas com a taxa de crescimento ano a ano segundo a linha de tendência plotada a partir dos dados do IBGE. Por fim, método de crescimento adotado para o estudo foi o que apresentou a menor soma acumulada das diferenças entre as TCA do método de crescimento populacional a TCA do gráfico da linha de tendência.

O método da regressão matemática foi o escolhido pois apresentou a menor soma das diferenças de TCA, igual a 0,0011%.

Método Aritmético

Pressupões que o crescimento da cidade se dá de acordo com uma progressão aritmética (linear).

Analisando os valores das populações em um $t=0$ e um $t=1$, respectivamente P_0 e P_1 , calcula-se o incremento populacional nesse período.

$$r = (P_1 - P_0) / (t_1 - t_0)$$

A população P em uma data futura t será:

$$P = P_0 + r(t-t_0)$$

Método Geométrico

Nele a população cresce de acordo com uma progressão geométrica. De posse dos valores da população para os anos t_1 e t_0 , respectivamente P_1 e P_0 , procede-se com o cálculo da razão de crescimento geométrico para um período q e a população P .

$$q = (P_1/P_0)^{1/(t_1-t_0)}$$

$$P = P_0 \times q^{(t-t_0)}$$

Método da Previsão

Este método se propõe a prever a população futura tomando como base valores conhecidos.

A expressão matemática é:

$$a = P_{\text{média}} - b \times t_{\text{média}}$$

$$b = \sum(t - t_{\text{média}}) \times (P - P_{\text{média}}) / (\sum(t - t_{\text{média}})^2)$$

Na qual t é o tempo e P é a população.

Método do Crescimento

Calcula o crescimento exponencial previsto usando dados existentes. O Método do Crescimento retorna os valores y para uma série de novos valores x através da especificação dos valores x e y existentes. Também se pode usar a função de crescimento para ajustar uma curva exponencial em valores x e y .

A previsão da população pode ser facilmente obtida via planilhas eletrônicas do tipo “Calc”, apresentando as populações de censos conhecidos.

Método da Regressão Matemática

Utiliza método de extrapolação analítica dos dados disponíveis até a data em que se pretende estudar a projeção. Em geral utiliza-se mínimos quadrados. Neste método tem-se o ajuste de uma curva de crescimento associada a uma equação do tipo:

$$y = a + bx + cx^2$$

Onde:

y é a população (hab.)

x é o tempo decorrido (anos).

Tendo por base os dados disponíveis, a equação pode ser resolvida por meio das relações dos mínimos quadrados mostradas a seguir:

$$n.a + b.\sum x + c.\sum x^2 = \sum y$$

$$a.\sum x + b.\sum x^2 + c.\sum x^3 = \sum x.y$$

$$a.\sum x^2 + b.\sum x^3 + c.\sum x^4 = \sum x^2.y$$

No tocante à previsão de crescimento da população residente na Comunidade Chico Mendes, foram feitas as seguintes considerações:

- O horizonte de projeto já mencionado;
- Foi considerada apenas a população residente na Comunidade Chico Mendes para este estudo e definido que 100% desta população participa do projeto.

Por meio de informações dos setores censitários do censo de 2010 do IBGE, obtida no site da Secretaria Municipal de Saúde foi elaborada uma tabela. Os setores censitários considerados para compor a população da comunidade foram 4101, 4102, 4103, 4104, 4105, 4402 e 4404, e da soma foi obtido o número de residentes no ano de 2010.

Metodologia para estimativa da geração de resíduos

A produção per capita de RSU adotada foi de 0,77Kg/hab.dia (PMISB, 2010), a densidade aparente dos resíduos sólidos igual a 1kg/L (Farias, 2010) e o percentual de resíduos orgânicos adotada foi o constante no PGRS (2011) que é igual a 46,35%.

A geração de resíduos em ton/ano é obtida da seguinte forma:

$$G_{\text{resíduo (2027)}} = P \times G \times D_{\text{ap}} \times 365 \text{ dias/ano}$$

Metodologia para dimensionamento dos pátios de compostagem

Foi dimensionado conforme a metodologia proposta por Rynk (1992) que considera que cada pátio deve ser dimensionado para conter o volume de resíduos para um período completo de compostagem ativa, maturação, estocagem, respectivamente. As seguintes considerações foram efetuadas:

- O período de compostagem ativa de 90 dias;
- A densidade aparente do resíduo orgânico foi considerada como sendo de 1000kg/m³ (FARIAS, 2010)
- Foi assumido que haverá uma retração volumétrica de 50% na fase ativa da compostagem (M. A. COLUMBIA BRITISH, 1996)

- Foi considerado um coeficiente de “encolhimento” (“shrinkage”) $C_s = 20\%$ devido à mistura das matérias-primas com diferentes densidades aparentes (RYNK, 1992).

Método para dimensionamento da superfície dos pátios de compostagem ativa e de maturação

Não há uma metodologia para dimensionamento da base de um pátio de compostagem e não há uma Norma Brasileira relacionada.

Para efeitos deste trabalho, foi adotado o critério proposto pela FEPAM/RS para base de pátio de compostagem de cascas de arroz, ou seja, uma camada de 60 cm de solo argiloso compactado manual ou mecanicamente em três camadas de 20 cm cada e solo com coeficiente de permeabilidade não superior a 1×10^{-7} cm/s.

Metodologia para Concepção de Sistema de Coleta de Efluentes da Administração

Um sistema de esgotos sanitários compreende um conjunto de aparelhos, tubulações, acessórios e desconectores, destinados a coletar e transportar os esgotos sanitários, garantindo o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evitando a fuga dos mesmos para os ambientes sanitários.

A instalação de esgotos sanitários da administração foi projetada conforme preconiza a norma NBR 8160/99 que trata de Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário - Projeto e execução.

Método para Dimensionamento da Caixa de gordura

A metodologia utilizada para dimensionamento da caixa de gordura foi a constante na NBR 8160/90.

A caixa de gordura tem como princípio de funcionamento a diferença de densidade entre o material graxo e o líquido. Quando misturados, o primeiro flutua e permanece à superfície do último. A NBR 8160/99 define a caixa de gordura como sendo uma caixa destinada reter, em sua parte superior, gorduras, graxas e óleos contidos no esgoto, formando camadas que devem ser removidas periodicamente, evitando que estes componentes escoem livremente pelo sistema, obstruindo o mesmo. Um dispositivo simples na saída libera a água e prende as gorduras no interior da caixa.

Método para Dimensionamento do Tanque Séptico

O Tanque Séptico foi dimensionado em acordo com a NBR 7229/93. Segundo a NBR 7229/93, tanques sépticos são unidades utilizadas para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão, sendo responsáveis pelo tratamento primário do efluente.

Nos tanques sépticos, quando com apenas um compartimento, acontecem na zona superior os processos de sedimentação e de flotação e a digestão da espuma, enquanto na zona inferior ocorrem acúmulo e digestão do lodo sedimentado. Para o presente projeto, foi dimensionado um tanque séptico de câmara única prismática retangular.

Método para Dimensionamento de Filtro Anaeróbio

O Filtro Anaeróbio foi dimensionado de acordo com a metodologia proposta pela NBR 139/97.

Um filtro anaeróbio de fluxo ascendente é um reator biológico no qual o fluxo do efluente dá-se de forma ascendente. É composto por uma câmara inferior vazia e uma câmara superior preenchida de meio filtrante submerso. De acordo com a NBR 13969/97, o filtro anaeróbio consiste em um reator biológico onde o efluente é depurado por meio de microorganismos não aeróbios, dispersos tanto no espaço vazio do reator quanto nas superfícies do meio filtrante. Este é utilizado como retenção dos sólidos.

A mesma norma define que o material filtrante a ser utilizado deve ser brita, peças plásticas (em anéis ou estruturados) ou outros materiais resistentes ao meio agressivo.

Assim sendo, fica aqui especificado a utilização de peças plásticas como o material do meio filtrante.

Metodologia para Desinfecção

A desinfecção de um efluente objetiva a destruição dos patogênicos entéricos, que podem estar presentes no efluente tratado (ASSIRATI, 2005).

A desinfecção normalmente é obtida pelo uso dos seguintes agentes e meios: agentes químicos, físicos, meios mecânicos e radiação.

Em virtude do processo de desinfecção por lagoa de maturação requererem uma grande área para a sua implantação e das alternativas de desinfecção por ultravioleta e ozônio apresentarem alto custo de equipamentos e manutenção, e pelo fato da vazão ser baixa, ou seja, <<

3,5m³/h, o método previsto para a desinfecção do efluente após tratamento foi o da cloração por pastilhas.

Foi utilizado o sistema de cloração com o uso de um dosador de cloro em pastilhas por gravidade. A instalação foi feita em desnível com o módulo anterior e sem restrições em sua saída. Contou com sistema de “by pass” controlado por válvula esfera. O efluente ingressa na câmara de dissolução, onde entra em contato com pastilhas de hipoclorito de sódio.

As pastilhas solubilizam-se no efluente e promovem a desinfecção. A dosagem é controlada pela abertura/fechamento da válvula de ajuste e pelo nível do tubo armazenador de pastilhas rosqueável.

4.2 Memorial de Cálculo

Estudo Populacional

Foram levantados os dados censitários de 1960 até 2010 do município, conforme a **Tabela 6**.

Tabela 6 - Crescimento populacional do Município de Florianópolis segundo o IBGE

Censo	População (habitantes)			(%)	
	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
1960	77.585	20.242	97.827	79,3	20,7
1970	121.026	17.311	138.337	87,5	12,5
1980	161.773	26.098	187.871	86,1	13,9
1991	239.996	15.394	255.390	94,0	6,0
2000	332.185	10.130	342.315	97,0	3,0
2010	405.243	15.960	421.203	96,2	3,8

FONTE: Adaptado de IBGE, Diretoria de Estatística, Geografia e Cartografia (1940, 1950, 1960, 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010).

Foi calculada a taxa de crescimento urbano anual do município e a taxa de crescimento urbano municipal para os intervalos em que cada censo foi feito, como mostra a **Tabela 7**.

Tabela 7 - Taxa de crescimento municipal e urbano para o município de Florianópolis de acordo com os dados do IBGE

t_0/t_1	Taxa de Crescimento Urbano Anual (%)	Taxa de Crescimento Municipal (%)
1960 / 1970	4,55%	3,53%
1970 / 1980	2,94%	3,11%
1980 / 1991	3,65%	2,83%
1991 / 2000	3,68%	3,31%
2000 / 2010	2,01%	2,10%
Mediana	3,65%	2,83%

Das linhas de tendência geradas automaticamente por planilhas eletrônicas, a escolhida foi a linha de tendência Polinomial, cujo coeficiente de correlação R^2 foi igual a 0,995, conforme ilustra a Figura 10.

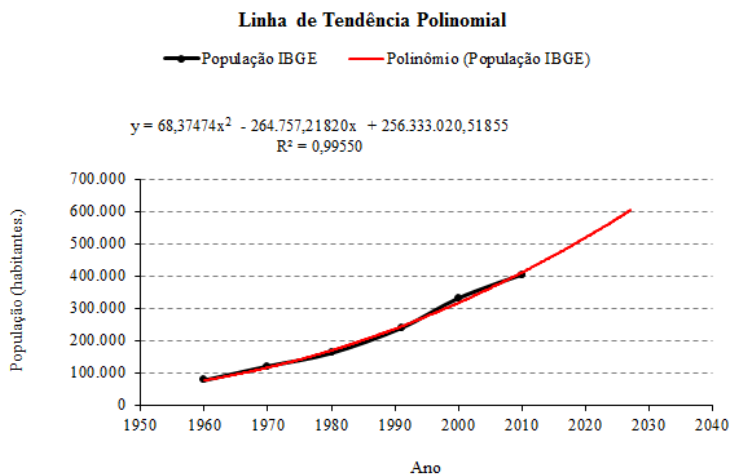


Figura 10 - Gráfico contendo a linha de tendência polinomial de crescimento da população do município de Florianópolis.

Foi obtido o gráfico da previsão do crescimento populacional urbano municipal, como mostra a Figura 11. O método adotado foi o método da regressão, cuja diferença acumulada foi de 0,0011%.

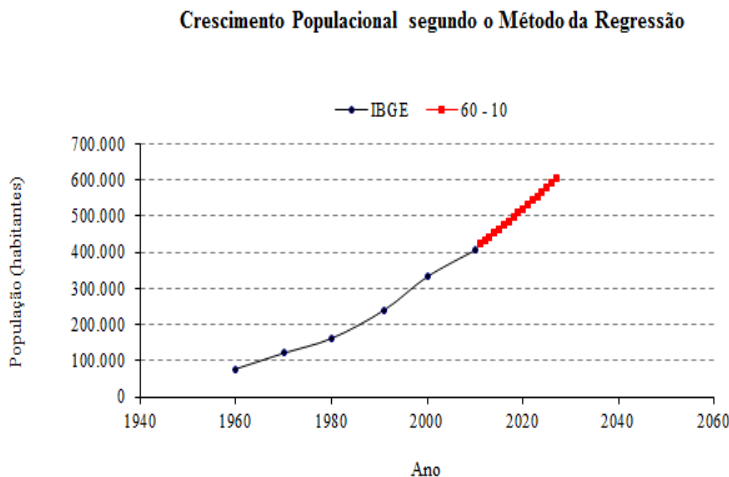


Figura 11 - Gráfico da previsão de crescimento da população do município de Florianópolis, segundo o método da regressão.

A **Tabela 8**, em sua segunda coluna, mostra o número de residentes por setor censitário do Bairro Monte Cristo de acordo com o censo 2010 do IBGE. Na mesma tabela, contam em negrito os setores censitários selecionados (4101, 4102, 4103, 4104, 4105, 4402 e 4404) e o total da população em 2010 considerada como sendo da Comunidade Chico Mendes, que foi de 4193 residentes.

Tabela 8 – População do Bairro Monte Cristo e população considerada para a Comunidade Chico Mendes para o ano de 2010

Código da Micro área	Residentes (habitantes)
4001	408
4003	124
4004	546
4006	693
4101	472
4102	796
4103	616
4104	502
4106	449
4201	224
4202	918
4203	498
4205	479
4206	285
4302	616
4304	546
4305	513
4306	555
4307	620
4401	448
4402	812
4404	546
4405	391
4406	471
Pop. residente Monte Cristo (hab)	12528
Pop. Residente - Chico Mendes hab)	4193

FONTE: IBGE (2010) e adaptações aluna

Aplicada a taxa de crescimento ano a ano (TCA) sobre a população da comunidade, foi obtida a evolução da população considerada até o ano de 2027, que consta na Tabela 9.

Tabela 9 - Estimativa de crescimento da população da comunidade Chico Mendes no período do projeto.

Ano	Taxa de Crescimento Anual	População Residente (hab.)
2010	-	4193
2011	4,12%	4366
2012	2,44%	4473
2013	2,42%	4581
2014	2,39%	4690
2015	2,37%	4801
2016	2,34%	4914
2017	2,32%	5028
2018	2,29%	5143
2019	2,27%	5259
2020	2,24%	5377
2021	2,22%	5497
2022	2,20%	5618
2023	2,18%	5740
2024	2,16%	5864
2025	2,13%	5989
2026	2,11%	6115
2027	2,09%	6243

FONTE: Estudo populacional efetuado pela aluna.

Em 2010, a população da comunidade era igual a 4193 habitantes e em 2027 a previsão é de que esta população seja de 6243 habitantes.

Estimativa da produção de resíduo orgânico

A produção per capta de RSU adotada foi de 0,77Kg/hab.dia, de acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico de Florianópolis (2010) e o percentual de resíduos orgânicos adotada foi o constante no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município de Florianópolis (COMCAP, 2011) que é igual a 46,35%.

Tabela 10 – Estimativa da Geração de Resíduos Orgânicos na Comunidade Chico Mendes

Ano	Geração per capta de RSU	Fração orgânica	Projeção populacional	Geração de Resíduos Orgânicos	Resíduo Orgânico gerado em 1 ano
	kg/hab.d	%	hab	t/d	t/a
2013	0,77	46,35%	4581	1,6	596,7
2014	0,77	46,35%	4690	1,7	611,0
2015	0,77	46,35%	4801	1,7	625,5
2016	0,77	46,35%	4914	1,8	640,1
2017	0,77	46,35%	5028	1,8	654,9
2018	0,77	46,35%	5143	1,8	669,9
2019	0,77	46,35%	5259	1,9	685,1
2020	0,77	46,35%	5377	1,9	700,5
2021	0,77	46,35%	5497	2,0	716,1
2022	0,77	46,35%	5618	2,0	731,8
2023	0,77	46,35%	5740	2,0	747,7
2024	0,77	46,35%	5864	2,1	763,8
2025	0,77	46,35%	5989	2,1	780,1
2026	0,77	46,35%	6115	2,2	796,6
2027	0,77	46,35%	6243	2,2	813,3
Total					9719,9

FONTE: COMCAP apud PMISB (2011), PGRS (2011) e estudo populacional efetuado pela aluna.

A partir da população estimada para o alcance de 2027 e de posse destes dados, foi calculada a geração de resíduos orgânicos para o ano de 2027, que será de 813,3 toneladas naquele ano e que servirá como ponto de partida para dimensionamento das áreas de pré-processamento, processamento e pós-processamento da unidade de compostagem.

De acordo com a Tabela 10, a massa de resíduos orgânicos provenientes da Comunidade e que entra na unidade de compostagem é de 2,22ton/d. Este valor foi obtido considerando que o período de trabalho será de 7 (sete) dias por semana.

O Volume recebido por semana é:

$$V_{\text{recebido semana}} = \text{massa resíduo entrada pátio} \times d_{\text{aparente do resíduo}}$$

$$V_{\text{recebido semana}} = 2,22\text{ton/d} \times 7 \text{ d} \times 1000\text{Kg/ton} \times 1000\text{kg/m}^3$$

$$V_{\text{recebido semana}} = 15,59 \text{ m}^3$$

P_{ca} = Período de compostagem ativa = 12,9 semanas

$V_{\text{resíduo orgânico na compostagem ativa}} = V_{\text{recebido semana}} \times P_{ca}$

$V_{\text{resíduo orgânico na compostagem ativa}} = 15,59 \times 12,9 = 200,54 \text{ m}^3$

São consideradas matérias-primas o resíduo orgânico produzido pela comunidade e os agentes estruturantes (palha e serragem) recebidos do Ceasa e da Hípica. Adotada a proporção de matérias-primas já mencionada na composição da massa de compostagem como sendo de 1bombona de 50L de resíduo orgânico proveniente da comunidade:1 saco de 25L de palha:1saco de 25L de serragem hípica.

Sendo o $V_{\text{resíduo orgânico na compostagem ativa}} = 200,54 \text{ m}^3$ e de acordo com a proporção acima informada, são necessários $100,26 \text{ m}^3$ de palha e $100,26 \text{ m}^3$ de serragem hípica para compor a massa de compostagem no período de 90 dias.

$V_{\text{total matérias-primas}} = \text{Volume total de matérias-primas}$

$V_{\text{total matérias-primas}} = 200,54 \text{ m}^3 + 100,26 \text{ m}^3 + 100,26 \text{ m}^3 = 401,6 \text{ m}^3$

Volume após a mistura das matérias-primas

Sendo C_s o coeficiente que representa a redução de 20% (RYNK, 1992) do volume devido a mistura de matérias-primas que possuem diferentes densidades aparentes, então:

$V_{\text{mistura}} = (1 - C_s) \times V_{\text{total de matérias-primas}} = (1 - 0,2) \times 401,6 = 320,86 \text{ m}^3$

O formato da leira foi definido de acordo com o método das leiras estáticas aeradas de Inácio & Miller (2009), com seção transversal em formato retangular. Foi adotada uma base (b) de 2m e altura (h) de 1,5m. O comprimento foi estabelecido para este dimensionamento (L_{leira}) igual a 6m.

Desta forma, uma leira terá área de seção transversal ($\text{Área}_{\text{transversal}}$) igual a 3 m^2 e volume de uma leira ($\text{Volume}_{1 \text{ leira}}$) será 18 m^3 , como mostra o cálculo a seguir:

$\text{Área}_{\text{transversal}} = b \times h = 2 \times 1,5 = 3 \text{ m}^2$

$\text{Volume}_{1 \text{ leira}} = A_{\text{transv.}} \times h = 3 \text{ m}^2 \times 6 \text{ m} = 18 \text{ m}^3$.

Número de leiras ativas

O número de leiras ativas (N_{leiras}) é obtido pela divisão entre o Volume após mistura de matérias-primas e o volume de 1 leira.

$N_{\text{leiras}} = V_{\text{mistura}} / \text{Volume}_{1 \text{ leira}} = 320,86 \text{ m}^3 / 18 \text{ m}^3 = 17,83 \text{ leiras}$

São 17,83 leiras. Pode-se adotar 17 leiras e por o volume restante distribuído nas demais leiras ou trabalhar a favor da segurança e assumir como número de leira o valor arredondado para 18 unidades, assim, N_{leiras} (corrigido) é de 18 leiras.

Espaçamento entre leiras de compostagem ativa

Foi definido o espaçamento longitudinal como sendo de 1 m e o lateral ($W_{espaçamento}$) como sendo de 1,2m. Vale salientar que o sistema artesanal de compostagem por leiras estáticas por aeração passiva não utiliza mecanização e não há revolvimento. O espaço adotado é para acesso, montagem e manutenção da leira de forma manual. A critério informativo, um espaço de 1,2m é suficiente para a passagem de um veículo do tipo “tobatta com carreta basculante” com capacidade da carreta de 1000kg e com carreta de largura de 1 m , caso futuramente seja empregada esta modalidade de transporte de material.

Área do pátio de compostagem ativa

Sabe-se que o número de espaçamentos é o número de leiras acrescido de uma unidade, ou seja:

$$N_{espaçamento} = N_{leiras} + 1$$

$A_{pátio\ ativa} = \text{Área do pátio de compostagem ativa}$

$$A_{pátio\ ativa} = N_{leira} \times A_{leira} + N_{espaçamento} \times W_{espaçamento}$$

$$A_{pátio\ ativa} = N_{leira} \times A_{leira} + (N_{leiras} + 1) A_{espaçamento}$$

$$A_{pátio\ ativa} = 18 \times 2 \times 6 + 19 \times 1,2 \times 6 = 470,4 m^2$$

O pátio de cura é calculado para comportar o volume de material por dia que liberado pelo pátio de compostagem ativa.

Sabendo que o volume esperado no final as compostagem ativa sofre uma redução de 50% de seu volume, deve multiplicar o volume da mistura de matérias-primas por um coeficiente de retração volumétrica $C_v = 0,5$ (RYNK, 1992), desta forma o volume que entra no pátio de cura pode ser calculado.

a) Volume que entra no pátio de cura

$$V_{cura}(90\text{ dias}) = V_{mistura} \times C_v$$

$$V_{cura}(90\text{ dias}) = 320,86 m^3 \times 0,5 = 160,43 m^3$$

Este volume é o volume que sai do pátio de compostagem no período de compostagem de 90 dias, mas como o período de cura foi estabelecido como de 45 dias, tem-se:

$$V_{cura}(45\text{ dias}) = V_{cura}/2$$

$$V_{\text{cura}}(45 \text{ dias}) = 160,43\text{m}^3/2 = 80,21\text{m}^3$$

Quanto ao formato da leira e comprimento das leiras de cura, foram adotadas as seguintes dimensões para as leiras de cura, baseado em valores presentes na literatura:

l = comprimento da leira de cura = 5m

w = largura da leira de cura = 3m

h = altura da leira de cura = 2m

O Volume da leira de cura é:

$$V_{\text{leira cura}} = l \times w \times h = 5 \times 3 \times 2 = 30\text{m}^3$$

O Número de leiras de cura é:

Obtido pelo quociente entre o volume máximo de material que o pátio comporta em seu período de maturação (estabelecido como sendo igual a 45 dias) e o volume de cada leira.

Os espaçamentos verticais e horizontais foram estabelecidos como sendo de 1m.

$$N_{\text{leira cura}} = V_{\text{cura}}(45 \text{ dias}) / V_{\text{leira cura}} = 80,21/30 = 2,67\text{m}^3$$

$$N_{\text{leira cura}} = 2 \text{ leiras (adotado)}$$

Sendo que o material restante será distribuído entre as duas leiras para economia de área ocupada.

A Área do pátio cura será:

$$\text{Área do pátio cura} = A_{\text{cura}}$$

$$A_{\text{cura}} = N_{\text{leira cura}} \times A_{\text{leira cura}} + N_{\text{espaçamento}} \times W_{\text{espaçamento}}$$

$$A_{\text{cura}} = N_{\text{leira cura}} \times A_{\text{leira cura}} + (N_{\text{leiras}} + 1)A_{\text{espaçamento}}$$

$$A_{\text{cura}} = 42 + 21 = 63\text{m}^2$$

As leiras serão dispostas tal como uma matriz $L \times C$, ou seja, linhas x colunas, totalizando 18 elementos. Esta disposição servirá para identificação das leiras que será da seguinte forma Leira (i,j), onde i é a linha onde estará localizada (linha 1 ou 2) e j a coluna onde a leira se localiza (coluna de 1 a 9) e por data de montagem.

O dimensionamento do pátio de cura é efetuado para comportar o volume de material que sai da maturação por um período adotado como sendo máximo e igual a 7 dias.

Sabendo que o volume esperado no final da maturação sofre uma redução de 20% de seu volume, deve descontar do volume que entra no

pátio de maturação o volume multiplicado por um coeficiente de retração volumétrica $C_v = 0,2$ (RYNK, 1992).

Volume estocagem

$$V_{\text{estocagem}}(7 \text{ dias}) = (V_{\text{cura}} - (V_{\text{cura}} \times C_v)) / 7 = (80,21 - (80,21 \times 0,2)) / 7 =$$

$$V_{\text{estocagem}}(7 \text{ dias}) = 9,98 \text{ m}^3$$

O Formato da leira e comprimento das leiras de estocagem será:

$$l = \text{comprimento} = 3 \text{ m}$$

$$w = \text{largura} = 2,5 \text{ m}$$

$$h = \text{altura} = 1,5 \text{ m}$$

Volume da leira:

$$V_{\text{leira estoque}} = l \times w \times h = 2,5 \times 1,5 \times 3 = 11,25 \text{ m}^3$$

Número de leiras de estocagem é:

É obtido pelo quociente entre o volume máximo de material que o pátio comporta em seu período de estoque (estabelecido como sendo igual a 7 dias) e o volume de cada leira.

$$N_{\text{leiras estoque}} = V_{\text{estoque}}(7 \text{ dias}) / V_{\text{leira estoque}} = 9,98 / 11,25 = 0,88 \text{ m}^3$$

$$N_{\text{leiras adotado}} = 1 \text{ leira.}$$

A Área do pátio estocagem é:

Os espaçamentos horizontais e verticais ficam estabelecidos como sendo de 1 m.

$$\text{Área do pátio cura} = A_{\text{estoque}}$$

$$A_{\text{estoque}} = N_{\text{leiras}} \times A_{\text{leira}} + N_{\text{espaçamento}} \times W_{\text{espaçamento}}$$

$$A_{\text{estoque}} = N_{\text{leiras}} \times A_{\text{leira}} + (N_{\text{leiras}} + 1) A_{\text{espaço}}$$

$$A_{\text{estoque}} = 10,5 \text{ m}^2 + 10 \text{ m}^2 = 22,5 \text{ m}^2$$

Dimensionamento da Área de lavagem de bombonas, com duas baias para lavagem de bombonas, com a seguinte dimensão útil:

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$W = 1 \text{ m}$$

Foi estabelecida uma área para escoamento/secagem de bombonas recém-lavadas, com as seguintes dimensões:

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$W = 2,5 \text{ m}$$

Considerando que um contentor tenha um diâmetro de 40 cm, esta área comportará 12 bombonas.

A estimativa do volume gerado na lavagem de bombonas, assumindo que chegam 45 bombonas no pátio por dia (ano de 2027) e assumindo que cada operador precise de 100 segundos para lavar cada contentor mais a tampa. Assumindo que as torneiras tenham uma vazão de no mínimo 0,2L/s:

$$\text{Volume água lavagem} = 0,2\text{l/s} \times 100\text{s} \times 45 \text{ bombonas}$$

$$\text{Volume água lavagem} = 900\text{litros}$$

Foi adotado um volume diário de 900L de efluente gerado por dia na lavagem de bombonas.

Dimensionamento da Área de Estocagem de Palha e da Área de Estocagem de Serragem

Para a palha e a serragem, foram dimensionados dois compartimentos cobertos.

Foi estabelecido que as áreas terão comprimento e largura iguais a 2m, compreendendo uma área de 4 m² cada, que é suficiente para armazenar o volume para suprir por até 2 dias a unidade de compostagem que é de 2,22m³/d para cada caso.

Serão pavimentados, cobertos e dotados de ralo para coleta de chorume que eventualmente possa se formar ou excesso de umidade que o material possa ter ou mesmo lavagem da área. Estes compartimentos terão janelas teladas e portas, de modo que fiquem protegidos, para evitar entrada de animais como roedores, por exemplo.

Área emergencial de estocagem de Resíduos Orgânicos da Comunidade e área de estocagem de bombonas novas

Foi concebido um compartimento para armazenagem emergencial de bombonas que contenham resíduo orgânico proveniente da comunidade para o caso de eventual problema no pátio. Tal área terá capacidade para armazenar 48 bombonas, suficiente para abarcar a quantidade de bombonas que chega em 1 dia no ano de 2027 que é de 45 bombonas de 50L.

O número de contentores por dia que o pátio receberá da comunidade no ano de 2027 será:

$$N_{\text{bombonas}} = 2,2\text{ton/d} \times 1000\text{kg/ton} \times 0,05\text{m}^3/\text{bombona} = 44,56$$

$$N_{\text{bombonas}} \cong 45 \text{ bombonas}$$

Este compartimento teve seu comprimento aumentado de modo a conter mais duas filas com 6 bombonas cada, onde serão empilhadas 24 bombonas vazias que servirão de reserva.

Portanto, a Área emergencial e bombonas novas = $lxw = 4 \times 2,5 = 10\text{m}^2$.

Estimativa da vazão de lixiviado:

Considerando o resíduo fracamente compactado, $k=0,5$.

A precipitação média anual para o município de Florianópolis adotada foi $P = 1704\text{mm/h}$ (PETERS, 2006);

A área adotada foi a soma das áreas das bases de todas as leiras de compostagem ativa, portanto, $A = 216 \text{ m}^2$.

$t =$ número de segundos em um ano (s) = 31536000s;

$Q = 1704 \times 216 \times 0,45 \times (1/31536000)$

$Q = 0,00583 \text{ l/s} = 504 \text{ l/d}$

Foi adotada uma vazão de percolado igual a 500 l/d.

O Dimensionamento dos drenos de coleta de lixiviado:

O dreno será constituído por um tubo perfurado cujo diâmetro será calculado através da equação de Manning-Strickler para:

D é o diâmetro da tubulação (m);

Q é a vazão a ser drenada (m^3/s) = $5,83 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$;

N = coeficiente de rugosidade tubos PEAD = 0,012 (PORTO, 2006)

I é a declividade em (m/m) = 0,03.

A declividade adotada é igual a 3%

$D = 1,55(0,012 \times 5,83 \times 10^{-6} / (0,03)^{0,5})^{0,375}$

$D = 6,20\text{mm}$

A abertura dos canais pode ser efetuada manualmente, no entanto, foi adotada a dimensão construtiva mínima que pode ser efetuada por uma valeteira que é de 20cm, onde será introduzido uma tubulação de 100mm perfurada, e brita, envolta por geotêxtil para não haver colmatação do sistema de drenagem.

Dimensionamento do sistema de drenagem pluvial

Os sistemas de microdrenagem, em geral, são dimensionados para frequências de descargas de 2, 5 ou 10 anos, de acordo com as características da ocupação da área que se quer beneficiar. Por questões de segurança, para este estudo foi adotado um tempo de retorno igual ao período de projeto, que é de 15 anos.

O tempo de concentração foi estabelecido como sendo igual a 10 minutos e foi recomendado por um especialista na área de drenagem.

Para o cálculo da Intensidade da Chuva (i) foi utilizada a equação de chuvas intensas proposta por Pompeu, para tempo de concentração (tc) menor ou igual a 60 minutos, sendo:

$$imáx = 145 \times Tr^{0,32} / (t-1,18)^{0,34}$$

$$imáx = 145 \times 15^{0,32} / (10-1,18)^{0,34}$$

$$imáx = 136,12 \text{ mm/h}$$

Vazão e dimensionamento do canal de drenagem de águas pluviais

A vazão foi calculada pelo método racional.

O coeficiente de deflúvio foi adotado como sendo $C = 0,25$, que é o coeficiente indicado para superfícies cujo solo é argiloso e declividade situada entre 2 e 7%.

A declividade adotada para o pátio será de 2%.

No caso deste pátio de compostagem, de acordo com informações obtidas com o Eng. Agrônomo Marcos José de Abreu, o solo do terreno possui uma composição 70% de material argiloso.

$$Q = C i A / 3,6$$

$$Q = 0,25 \times 136,12 \times 555,9 / 3,6 = 0,5254 \text{ m}^3/\text{s}$$

Os drenos de águas pluviais serão em concreto, escoando a meia seção e dimensionados a partir da Fórmula de Manning. Será utilizado a meia-cana pré-fabricada de concreto do ponta e bolsa, como exemplifica o Anexo C.

Considerando a configuração da meia cana de concreto, tem-se:

n = coeficiente de Manning = 0,013 (PORTO, 2006)

A = área molhada do canal (m^2) = $(\pi \cdot r^2) / 2$

R_h = raio hidráulico do canal (m) = $r / 2$

i = declividade do terreno (m/m)

Q é a vazão a ser drenada na seção considerada (m^3/s);

A declividade assumida para a canaleta foi 3%.

Dados de entrada são:

$$Q = 0,5253 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$n = 0,013$$

$$i = 0,03 \text{ m/m}$$

$$Q = \frac{R_h^{2/3} \cdot A \cdot i^{1/2}}{n}$$

$$0,5253 = \frac{(r/2)^{2/3} \cdot (\pi \cdot r^2)/2 \cdot 0,03}{0,013}$$

$$r = 0,298\text{m.}$$

Adotar-se-á um canal de raio interno de 0,3m

Dimensionamento do tanque séptico

Conforme a NBR-7229/93, o volume do tanque deve ser calculado pela seguinte formula:

$$V = 1000 + N \times (CT + KLf)$$

Onde:

V = volume útil (L)

N = número de unidades de contribuição ou pessoas

C = Contribuição de despejo em L/unidade.dia

T = tempo de detenção (dias)

K =Taxa de acumulação e lodo diferido em dias, equivalente ao tempo de acumulação do lodo fresco.

Lf = Contribuição do lodo fresco em L/unidade.dia

Considerando por tipo de edificação de ocupação temporário, como edifício público/comercial, foram obtidos os valores de C=50 e Lf=0,2, conforme a tabela 1 da norma.

Foi adotado que, no final de plano, haverá no máximo 20 funcionários, portanto, N=20.

O intervalo de limpeza foi assumido com sendo T=1ano (tabela 2 da norma) e considerando que as temperaturas anuais mais baixas se encontram entre 10 e 20°C, a taxa de acumulação de lodo K = 65 foi obtida através da tabela 3 da Norma.

O volume útil do tanque séptico:

$$V = 1000 + 20 \times (50 \times 1 + 0,2 \times 65)$$

$$V = 2260\text{L, considerando apenas a administração.}$$

Somando-se a contribuição diária referente a lavagem dos contentores (bombonas), tem-se o volume útil total do tanque:

$$V_t = 2260\text{L} + 900 = 3160\text{L}$$

Foi adotado formato prismático, sendo que a relação L/B deve situar-se entre 2 e 4, de acordo com a norma e profundidade útil de 1,2 m.

Desta forma as dimensões do tanque séptico são:

h = profundidade = 1,2m

L = comprimento = 2,40m

W = largura = 1,10m

Para um volume útil corrigido de 3168L.

b) Dimensões finais

A largura interna W é maior que 0,8m, conforme preconizado na norma, $c=5$ cm, $b=5$ cm, $c=1/3h=0,4$ m

Dimensionamento do Filtro Anaeróbio

De acordo com a NBR-13969/97, o volume útil da câmara é calculado como segue:

$V_u = 1,6NCT$

Onde:

V = volume útil (L)

N = número de unidades de contribuição ou pessoas

C = Contribuição de despejo em L/unidade.dia

T = tempo de detenção (dias)

Sabendo que a vazão diária é de 3160L/d e que o tempo de detenção será de $T=1,08$ dias, então:

$V_u = 1,6 \times N \times C \times T = 1,6 \times 3160 \times 1 = 4320L$

Estabelecendo a altura útil do filtro como sendo $h=1,2$ m, e assumindo que terá um formato cilíndrico, tem-se:

$V_u = (\pi D^2 / 4) \times h$

$4,320 = (\pi D^2 / 4) \times 1,2$

$D = 0,8$ m

Dimensionamento dos Ramais de descarga

O dimensionamento dos ramais de descarga é efetuado segundo a tabela 3 constante na NBR 8160/99, de acordo com os aparelhos contidos nos cômodos.

Como a norma não estabelece o valor de UHC para uma pia de laboratório, foi adotado o valor $UHC = 3$ da tabela 4 da NBR8160/99, como aparelho não relacionado na tabela 3 da mesma norma.

O dimensionamento consta na Tabela 11.

Tabela 11 - Dimensionamento dos ramais de descarga

Cômodo	Aparelho	UHC	DN
Copa	pia residencial	3	50
Laboratório	Pia 02	3	50
Vestiário Masculino	lavatório	2	40
	bacia sanitária	6	100
	Chuveiro coletivo	4	40
Vestiário Feminino	lavatório	2	40
	bacia sanitária	6	100
	Chuveiro coletivo	4	40

Dimensionamento das Caixas Sifonadas (CS)

O dimensionamento das caixas sifonadas é efetuado segundo a tabela 5 constante na NBR 8160/99, de acordo com a soma das unidades Hunter de contribuição dos aparelhos a ela conectados. Como a soma dos aparelhos conectados a cada uma das CS é menor ou igual a 6 unidades Hunter, o diâmetro nominal das caixas será de 100mm, conforme ilustra a tabela a seguir.

Tabela 12 – Dimensionamento das Caixas Sifonadas (CS)

Caixa sifonada	Aparelhos conectados	Σ UHC	DN
CS BWC Masculino	Chuveiro coletivo, lavatório	6	100
CS BWC Feminino	Chuveiro coletivo, lavatório	6	100
CS Copa	pia residencial	3	100
CS Laboratório	pia 02	3	100

Dimensionamento dos Ramais de esgoto

Foi efetuado de acordo com a tabela 5 da NBR8160/99, a partir da soma das UHC's dos aparelhos sanitários obtidos a partir da tabela 3 da mesma norma.

De acordo com a NBR 8160/90, em seu item 5.1.1.3 d, relata que as caixas sifonadas especiais devem ter algumas características mínimas, *in verbis* “devem ter orifício de saída com o diâmetro nominal (DN) 75 mm”, logo sua UHC é igual a 5. O Ralo Seco, por sua vez, deve ter altura mínima de 10 cm e DN de 40 mm, portanto sua unidade de Hunter é igual a 2.

Como a soma das UHCs dos aparelhos para cada ramal, quando situada entre 6 e 20 UHCs, o diâmetro nominal do ramal de esgoto será igual a 75 mm, com declividade de 2%.

Tabela 13 – Dimensionamento dos ramais de esgoto

Ramal de esgoto 01		Ramal de esgoto 01		Ramal de esgoto 02	
Aparelhos	UHC	Aparelhos	UHC	Aparelhos	UHC
Lavatório	2	Lavatório	2	Pia residencial	2
Ralo sifonado	5	Ralo sifonado	5	Pia 02	3
Vaso sanitário	6	Vaso sanitário	6	Ralo seco	5
Ralo seco	2	Ralo seco	2	Ralo sifonado	5
Total UHC	15	Total UHC	15	Total UHC	15
DN ramal esgoto	75	DN ramal esgoto	75	DN ramal esgoto	75

No entanto, devido à presença das bacias sanitárias nos ramais de esgoto 01 e 02, o diâmetro nominal adotado será para estes dois casos, igual a 100 mm e sua declividade será de 1%.

Dimensionamento do TG (Tubo de Gordura)

Foi dimensionado de acordo com a NBR 8160/99. Por receber contribuição de duas pias, que somam 6 UHC's, o diâmetro nominal

será de 50mm. Embora os tubos que rebem descarga de descargas de pias de cozinha com contribuição de até 6 UHC's, o diâmetro nominal de 50mm poderá ser utilizado. Mas devido a presença de espuma na tubulação, será considerado um diâmetro maior, logo foi adotado um valor de DN de 75mm.

Dimensionamento da Caixa de Gordura (CG)

Como não haverá cozinha propriamente no prédio da administração, mas apenas uma copa, a Caixa de Gordura foi dimensionada seguindo os critérios da NBR 8160/99, que estabelece que para 1 cozinha deve ser utilizada a caixa de gordura simples, com as seguintes dimensões mínimas:

Diâmetro interno (D) ou lado (L) L: 0,30 m;

Parte submersa do septo: 0,20 m

Volume de retenção da CG: 18L;

Diâmetro Nominal da tubulação de saída DN 75 mm;

Altura da camada de gordura de 0,10 m.

Dimensionamento das Caixas de Inspeção

As caixas de inspeção e caixa coletora foram projetadas de acordo com a NBR 8160/99.

A profundidade, segundo a norma é de no máximo 1m. Foi adotada uma profundidade de 0,60 m;

A forma, de acordo com a norma pode ser prismática ou cilíndrica. A Forma cilíndrica foi adotada. Com diâmetro mínimo igual a 60 cm, feitas de anéis de concreto armado, com paredes no mínimo de 0,20 m.

A tampa facilmente removível, com alças móveis, permite perfeita vedação. O fundo construído de modo a assegurar rápido escoamento e evitar formação de depósitos.

Dimensionamento do Subcoletor

De acordo com a tabela da NBR 8160/99 o subcoletor é dimensionado segundo o UHC acumulado dos aparelhos que contribuem para o respectivo subcoletor :

Para o Subcoletor 1 da Administração o UHC acumulado será :

Lavatório = 2

Chuveiro coletivo = 4

Bacia sanitária = 6

Total = 12

De acordo com a tabela 7 da norma, como o valor acumulado de UHC é inferior a 180, o DN será igual a 100 mm e declividade será de 1%.

Para o Sb-coletor 2 da Administração o UHC acumulado é:

Bacia sanitária = 6

Lavatório = 2

Chuveiro coletivo = 4 e CI 1 = 12

Total = 24

De acordo com a tabela 7 da norma, o Diâmetro Nominal será 100 mm com declividade de 1%.

Para o subcoletor 3 do setor lavagem:

3xralo seco = $3 \times 2 = 6$

2xpias = $2 \times 3 = 6$

2x CS = $2 \times 5 = 10$

Total = 22, e de acordo com a tabela 7 da norma, o DN= 100mm com declividade de 1%.

Dimensionamento da Coluna de Ventilação (CV) e Ramais de Ventilação (RV)

De acordo com a NBR 8160/99, em seu item 5.2.2, os ramais de ventilação não poderão ter diâmetros inferiores aos preconizados na tabela 8 da mesma norma, que apresenta os diâmetros para os conjuntos de aparelhos com ou sem bacia sanitária.

Para os BWC masculino e feminino, o DN o ramal de ventilação será de 50mm, pois a soma das UHC dos aparelhos não ultrapassa 17 e para os demais, será de DN 40mm, pois não ultrapassam 12 UHC acumuladas.

As colunas de ventilação, por sua vez, de acordo com a tabela 2 da norma, terão DN = 50mm.

Síntese Geral

A partir dos cálculos apresentados no memorial de cálculo foram obtidas as peças gráficas citadas no item “4.Plantas”.

Considerando a população no ano de 2010 como igual a 4193 habitantes e para um horizonte de projeto igual a 15 anos, a população

da Comunidade estudada será igual 6243 habitantes em 2027. A previsão de produção de resíduo orgânico pela comunidade em 2027, considerada uma produção per capita de RSU de 0,77Kg/hab.dia (COMCAP apud PMISB, 2011) e o percentual de resíduos orgânicos 46,35% (COMCAP apud PMISB, 2011) será de 813 toneladas. Durante o período de 15 anos, uma quantidade estimada de 9719,9 toneladas de resíduos orgânicos deixará de ser enviada ao aterro sanitário (contabilizando apenas os resíduos produzidos na comunidade, pois os materiais estruturantes também são resíduos e integram a formulação de massa) e seria valorizada por meio de compostagem, gerando trabalho e renda para a própria comunidade.

Da geração de resíduo em 2027 foi guia para o dimensionamento dos elementos do pátio de compostagem que constam na Tabela 14.

Tabela 14 – Área, capacidade máxima e período em que o resíduo permanece em cada elemento.

Elemento	Área (m ²)	Capacidade máxima	Período
Pátio Compostagem			
Ativa	470,4	320,86m ³	90 dias
Pátio de Maturação	63	80,2m ³	45 dias
Pátio de Estocagem	22,5	9,98m ³	7 dias
Estoque de palha	4	2,22m ³ /d	2 dias
Estoque de Serragem	4	2,22m ³ /d	2dias
	3 (2 baias de		
Lavação de contentores	1,5)	2,22ton	1 dia
Estoque emergencial	10	45 contentores de 50L	1 dia

As dimensões das leiras calculadas foram as constantes na Tabela 15.

Tabela 15 – Quantidade de leiras de compostagem ativa, de cura e de estoque e seus respectivos volumes.

Tipo de Leira	Unidades	V (m ³)
Leira de Compostagem Ativa	18	18
Leira de Cura	2	30
Leira de Estoque	1	11

Para o sistema de drenagem pluvial foram adotados meia-cana de concreto, do tipo ponta e bolsa, com raio de 0,3m e declividade de 3%.

Quanto ao sistema de coleta de percolados, foram adotados drenos do tipo francês, e diâmetro do tubo perfurado de PEAD é de 0,1m envolto em brita e geotêxtil para não colmatção e a inclinação de fundo do dreno é de 3%, conforme memorial de cálculo.

A superfície do pátio contará com sistema de impermeabilização, com camada de 60 cm de argila compactada em 3 camadas de 20 cm cada (FEPAM, 2011). A compactação poderá ser manual ou mecânica. A permeabilidade da camada superior deverá ser não superior a $1 \times 10^{-7} \text{ cm.s}^{-1}$.

Quanto ao lixiviado, foi estimada a produção de 500l/d. Foi proposto um sistema de coleta que o encaminhará para um poço de armazenagem. A partir deste ponto, poderá ser encaminhado para recirculação, engarrafado para ser utilizado como biofertilizante ou ainda passar por sistema de tratamento a ser determinado pelos resultados das análises de caracterização do efluente, por sistema de desinfecção e posterior lançamento em corpo d'água caso os parâmetros de lançamento estejam em consonância com a Res. CONAMA 430/2008, conforme indica o §1º da mesma Resolução.

4.3 As Plantas

Neste capítulo é encontrada a relação das peças gráficas concebidas referentes ao projeto do pátio de compostagem e um fluxograma do sistema coleta/destinação do lixiviado produzido no pátio de compostagem também foi gerado. Todo material pode ser encontrado nos apêndices deste documento, conforme indica a Tabela 16.

Tabela 16 – Relação de peças gráficas produzidas no Trabalho de Conclusão de Curso.

Descrição	Localização
Planta de Situação	Apêndice A
Planta de Locação	Apêndice B
Pátio Compostagem - Planta Baixa e corte	Apêndice C
Caixas de Inspeção e Gordura– Planta e corte	Apêndice D
Administração e Lavação - Arquitetônico	Apêndice E
Filtro Anaeróbio – Planta e corte	Apêndice F
Sistema drenagem pluvial e lixiviados –Planta e corte	Apêndice G
Tanque Séptico –Planta e corte	Apêndice H
Administração – Planta baixa e corte	Apêndice I
Fluxograma Coleta/Destinação Lixiviados	Apêndice J

5 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O cuidado na formulação de massa da compostagem reflete na relação C/N e o controle da temperatura, umidade e aeração têm grande influência no processo de compostagem. A quantidade e qualidade de lixiviados produzidos na compostagem variam com a idade da leira e com a composição das matérias-primas. No que se refere aos interferentes climáticos, em especial a chuva, representam um agravante nos parâmetros ideais sugeridos pela literatura.

Não há no país uma normalização que oriente os profissionais que atuam na área de projeto e execução de pátios de compostagem. A única Norma Brasileira que trata do tema compostagem, NBR 13591/96, restringe-se à terminologia empregada na compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

Pode-se afirmar ainda que há carência quanto à disponibilidade de literatura específica acerca destes tipos de projeto, de parâmetros geotécnicos e de profissionais especializados. Tal fato deve-se à falta de investimento em pesquisas nesta área e à falta de comprometimento da municipalidade com a causa dos Resíduos Sólidos Urbanos.

A produção de composto em pátios que utilizam resíduos orgânicos segregados na fonte produz benefícios socioambientais tais como a educação ambiental, geração de emprego e a melhoria da saúde da população devido à retirada dos resíduos da rota tradicional de descarte e contribui para a diminuição da poluição/contaminação ocorrida quando tais materiais são inadequadamente dispostos no meio ambiente.

O terreno proposto como alternativa de implantação do Pátio de Compostagem em questão se trata de uma Área Verde de Lazer subutilizada. Cabe ressaltar a necessidade de readequação do Plano Diretor do Município, que por não ter previsto em seu microzoneamento a necessidade da existência de áreas destinadas a comportar serviços de saneamento, tem sido um dos principais entraves à implantação de projetos bem executados nos quais está incluso o pátio de compostagem descentralizado proposto por este trabalho, o que torna dificultada a potencialização dos benefícios da compostagem e a gestão de resíduos proposta por comunidades como a Chico Mendes.

6 CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho que foi de projetar o pátio de compostagem foi atingido e o cronograma das atividades cumprido.

A geração de resíduos na Comunidade no ano de 2027 foi determinada e igual a 813,3 toneladas e o pátio de compostagem foi dimensionado, bem como as demais áreas de apoio como a administração, armazenagem e lavação de contentores.

Um sistema de tratamento dos efluentes do setor de lavação/administração foi elaborado e um sistema de valorização e tratamento do lixiviado, diante da inexistência de uma caracterização satisfatória do lixiviado produzido pelas leiras, foi proposto.

7 RECOMENDAÇÕES

Para trabalhos futuros, recomenda-se a elaboração de normas técnicas de projeto de compostagem e estudos sobre o coeficiente de permeabilidade do solo de modo a orientar a execução da base destes pátios.

A realização de estudos referentes à caracterização das matérias-primas e produção de lixiviados produzidos nas composteiras do Projeto Revolução dos Baldinhos é necessária, bem como estudos referentes à recirculação de lixiviados e sua valorização como biofertilizante.

Estudos econômicos a cerca da adoção de cobertura das leiras, sobretudo durante os períodos chuvosos podem ser efetuados, pois a precipitação que entra em contato com as matérias-primas em compostagem tem grande influência no volume de lixiviado formado.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C. O Crescimento urbano de Florianópolis no contexto da modernização agrícola: O caso da prática de agricultura urbana na comunidade Chico Mendes, Florianópolis–SC. UFSC, 2009.

ANDRADE, D. N. et al. Contribuições Sociais, Econômicas e Ambientais para o Projeto Revolução dos Baldinhos. Comunidade Chico Mendes. Florianópolis - SC. Projeto Integrado Final. Instituto Federal de Educação. 70p, Florianópolis, 2011.

ANDREAZZI, M. A. R.; MILWARD-DE-ANDRADE, R. *Impactos das grandes barragens na saúde da população – uma proposta de abordagem metodológica para a Amazônia*. In: Forest’ 90, Simpósio Internacional de Estudos Ambientais em Florestas Tropicais Úmidas, Manaus. **Anais...** Rio de Janeiro, Biosfera, 1990.

ASSIRATI, D. M. *Desinfecção de efluentes de ETE com ozônio para uso agrícola*. Campinas: UNICAMP. (Dissertação de Mestrado). 2005.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2010. São Paulo. ABRELPE. 2011.

AZEVEDO, M.A. *Estudo e avaliação de quatro modos de aeração para sistemas de compostagem em leiras*. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, 230p, 1993.

AZEVEDO, M.A. Compostagem de Resíduos sólidos orgânicos – aspectos teóricos e operacionais. Viçosa. MG. 1997.

BARREIRA, L.P.; PHILIPPI A.J.; RODRIGUES M.S. Usinas de compostagem: avaliação da qualidade dos compostos e processos de produção, 2005.

BIDDLESTONE, A.J.; GRAY, K.R. *Introduction to compost - principles*. In: Waste Not Want Not Conference, p. 1-19, 1991.

BIDONE, F.R.A. Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: Eliminação e valorização. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES. Rio de Janeiro. 2001.

BOYD, R. F. General microbiology. Wirtz, VA: Time Mirror/Mosby College Publishing. 1984.

BRAGA, Benedito; et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2ed. São Paulo, 2006.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. - IBGE, Contagem da População 2010. Disponível em <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>Acesso em: 10 de maio de 2012.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento: IBGE, Departamento de Estatística e Indicadores Sociais, 2008.

BRASIL. Leis, etc. Lei Nº 6.938 de 31 de agosto de 1981 - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. 1981. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 25 de abril de 2012.

BRASIL. Secretaria Municipal de Habitação, Trabalho e Desenvolvimento Social. **Projeto Chico Mendes: Programa Habitar Brasil BID**. Proposta de Urbanização. Florianópolis, 2000.

BRASIL. Sistema Nacional de Informações de Saneamento. **Programa de Modernização do setor de saneamento: Diagnóstico da gestão e manejo de resíduos sólidos urbanos – 2008**. Brasília, DF: MCIDADES/SNSA; 2010.

BRITO, M. **Manual de Compostagem**. Escola Superior Agrária de Ponte Lima. ESAPL. Portugal, 2006.

CALDERONI, S. **Os Bilhões Perdidos no Lixo**. São Paulo: Humanitas Editora FLCH. USP. 1997.

CAMPBELL, S. T. U. **Manual de compostagem para hortas e jardins**: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico; tradução de Marcelo Jahnel. São Paulo: Nobel, 1999. 144p.

CAPRA, Fritjof; BARLOW, Zenobia; STONE, Michael K. **Alfabetização ecológica**: a educação das crianças para um mundo sustentável. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2008. 312p. ISBN 9788531609602

CARNEIRO, Alex Pires; BRUM, Irineu A. S.; CASSA, J. C. **Reciclagem de Entulho para Produção de Materiais da Construção**. Salvador: EDUFBA Caixa Econômica Federal, 2001. Ceres. 492p., 1985.

CHREMISINOFF, P. M. **Biomangement of wastewater and wastes**. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New York, 221 p, 1994.

COMCAP. **Caracterização física dos resíduos sólidos urbanos de Florianópolis**. Coordenação geral de Flávia Vieira Guimarães Orofino. Florianópolis, 2002.

COMCAP. Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos – 2011. Produção. Disponível em: <http://portal.pmf.sc.gov.br/entidades/comcap/>
Acesso em: 10 de maio de 2012.

COMPOSTING COUNCIL (CC). 1991. Composting facilities planning guide. Washimngton, DC: composting council.

CORDEIRO, M. N. *Compostagem de Resíduos Verdes e Avaliação da Qualidade dos Compostos Obtidos – Caso de Estudo da Algar S.A.*

DAS, BRAJA M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. Cengage Learning, São Paulo: SP, 610p, 2011.

Lisboa. Dissertação de mestrado, ISA, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010.

CORRÊA, E. K. Avaliação de diferentes tipos de camas na criação de suínos em crescimento e terminação. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 91 p. 1998.

DEMAJOROVIC, J.; VILELA JR, A. **Modelos e Ferramentas de Gestão ambiental: desafios e perspectiva para organizações**. São Paulo: Senac, 2006. Departamento Bioquímica. UFSC. 2005.

DIAS, E.G.C.S. **Avaliação de Impacto Ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Ed. Ephemera, Madri, 2005.

EPA, United States Environmental Protection Agency. Composting of Yard Trimmings and Municipal Solid Waste, EPA/530/R94 – 003, 151 p. 1994.

EPA, United States Environmental Protection Agency. *Manual Nitrogen Control*. Technomic Publishing, Washington, USA, 311 p. 1993.

EPA, United States Environmental Protection Agency. Wastewise Update. *Recovering organic wastes – giving back to the mother nature*. Solid Waste and Emergency Response. 1999.

EPSTEIN, E., The Science of composting. Lancaster: Technomic Publishing, 1997. 493 p.

FARIAS, Eduardo. Revolução dos baldinhos: um modelo de gestão comunitária de resíduos orgânicos que promove a agricultura urbana.

Florianópolis, 2010.2. 70 f. TCC (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, 2010.

FEAM. Operações Básicas para a Operação de Usinas de Traigem e Compostagem de Lixo. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Belo Horizonte: FEAM. 2005. 52p. il.

FELDER, Richard M.; ROUSSEAU, Ronald W. **Elementary principles of chemical processes**. New York: J. Wiley, 3ª edição. 712p., 2005.

FERNANDES, Fernando. **Manual prático para a compostagem de bio sólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 84p. 1999.

FESTI, Aparecido Vanderlei. **Coletânea de Chuvas intensas do Brasil**. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo, 2007.

FUREDY, C. Reduzindo os Riscos para a Saúde do Uso do Lixo Orgânico Sólido Urbano. *Revista Agricultura Urbana*, n.3, março, 2001.

GOLUEKE, C. G. **Biological Reclamation of Solid Wastes**. Rondale Press, Emmaus. 256 p., 1977.

GOLUEKE, C. G. **Composting: A Review of Rationale Principle and Public Health**. In: Compost-Theory and Praticce for City Industry and Farm. J. G. Press Emmaus. p 19 – 25, 1982.

HAUG, R.T. The practical handbook of composting engeneering. Boca Raton: Lewis Publishes, 1993.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. Compostagem: a ciência e prática aplicadas à gestão de resíduos. EMBRAPA, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL (IBAM). **Município de Florianópolis**. Disponível em: <<http://www.ibam.org.br>>. acesso em: 20/05/12.

JUSTINO, Juliane Caetano. Poder Público x Participação Popular na implantação do Programa Habitar Brasil BID na Região Chico Mendes. Trabalho de Conclusão de Curso em Serviço Social. Universidade Federal de Santa Catarina, 2004.

KIEHL, E. J. Produção de composto e vermicomposto. *Informe Agropecuário*. v. 22, n. 212, p. 40-52, 2001.

KIEHL, E.J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4 ed. E. J. Kiehl. Piracicaba. 173 p., 2004.

KUTER, G. A. Biosolids composting. Water Environmental Federation, Alexandria, VA, 187 p., 1995.

LEÃO, Alcides L. **Geração de resíduos sólidos urbanos e seu impacto ambiental. Indicadores ambientais**. Piracicaba: CLQ/USP, 1997.

LELIS, M. P. N. **Influência da Umidade na Velocidade de Degradação e no Controle de Impactos Ambientais da Compostagem**. Tese de Mestrado, UFMG, Belo Horizonte: MG, Brasil, 1998.

LINDENBERG, R. C. **60 Questões sobre a compostagem**. São Paulo, 15 p., 1992.

MARQUES, M.; HODLAND, W. Processo Descentralizado de Compostagem em Pequena Escala para Resíduos Sólidos Domiciliares em Áreas Urbanas. In: *XXVIII Inter-American Congress of Sanitary and Environmental Engineering*. Cancun, Mexico, 2002.

MILLER, G. Tyler; SPOOLMANN, Scott E. **Environmental Science**. Belmonte. CA. USA: Cengage Learning, 13ª ed., 552p, ISBN 8522105499. 2010

MONTEIRO, J. H. P. et al. **Manual de Gerenciamento de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. IBAM. 200p., 2001.

NAGASHIMA, L.A. et al. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: uma proposta para o município de Paranavaí. Paraná. 2011.

PÁDUA, M.T.; **O Nascimento da Política Verde no Brasil: fatores exógenos e endógenos**. In: LEIS, H.R.(Org.). *Ecologia e Política Mundial*. Rio de Janeiro: Fase/Vozes, 1991.

PAIVA, E. C. R. Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e leiras estáticas aeradas. Dissertação de mestrado. UFV. Minas Gerais. 2008.

PEREIRA NETO, J. T. & CUNHA, W.G. Influência da Inoculação de Composto Orgânico Maturado no Período de Compostagem de Resíduos Orgânicos: in Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 17, 1995, Salvador: **ANAIS**: Salvador: 1995. 12 p.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem**. Belo Horizonte – UNICEF – 56 p. 1996.

PETERS, M.R. **Potencialidade de uso de fontes alternativas de água para fins não potáveis em uma unidade residencial**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2006

PHILIPPI JÚNIOR, A. **Sistema de resíduos sólidos: coleta e transporte no meio urbano**. 1979. 186f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

PITCH, E. F. A Gestão de resíduos sólidos na UFSC e sua adequação frente às novas regras da política nacional de resíduos sólidos (lei 12.305/2010). Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC. 2011.

RECESA. Esgotamento sanitário: operação e manutenção de sistemas simplificados de tratamento de esgotos: guia do profissional em treinamento : nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte : MG, 2008. 112 p.

RIBEIRO, E. M. Movimentos sociais em tempo de democracia e globalização em Santa Catarina: os anos 90. Florianópolis. Fundação Boiteux. 2005.

RICHARD, T. L. Municipal solid waste composting Physical and biological processing. Biomass & Bioenergy. Tarrytown, NY: Pergamon Press. 3(3-4):163-180. 1992a.

RICHARD, T. L. Personal communication. College of Agriculture and Life Sciences. Cornell University. Ithaca, NY. 1992b.

RICHARD, T., DICKSON, N. e ROELAND, S. Yard waste management: A planning guide for NY State. Albany, NY: New York State Research and Development Authority, Cornell Cooperative Extension, and New York State Department of Environmental Conservation. 1990.

ROSA, Edenilse Pellegrini da. **Gênero e Habitação: Participação e percepção feminina na construção de viveres**. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis. 2007.

RUSSO, M. A. T. **Avaliação de parâmetros que influenciam a compostagem de resíduos sólidos orgânicos e a sua importância na qualidade do composto: aplicação a casos de estudo**. Tese defendida em provas públicas para Prof. Coordenador do IPVC, ESTG/IPVC, Viana do Castelo, 1998.

RYMSHAW, E., M.F. Walter, and T.L. Richard. Agricultural composting Environmental monitoring and management practices. Albany, NY: New York State Agriculture and Markets. 1992.

RYNK, R. et al. On-farm composting handbook. Ithaca, NY: Cooperative Extension, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 1992.

SALLES, R.C. *Plano de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde*. Monografia de final de curso. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Pontifica Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 90p., 2004.

SANCHÈZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental**. Conceito e Métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 495p, 2006.

SANTIAGO, A., LOCH, C., WALKOWSKI, M. O Plano Diretor Como Estratégia de Organização Espacial e o Planejamento Turístico de Florianópolis – SC. Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo. v. 2, n. 2, p. 64-83, jul. 2008.

SCHMOELLER, Jaqueline. **Qualidade de vida e participação comunitaria no programa Habitar Brasil BID - Região Chico Mendes**. Florianópolis, SC, 2008. 67 f. TCC (Graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio Econômico, Curso de Serviço Social Disponível em : <<http://tcc.bu.ufsc.br/>>

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos – 3ª edição** . Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. Editora UFV, 2002.

SILVA, M. E. C. **Compostagem de Lixo em Pequenas Unidades de Tratamento**. Viçosa, CPT, 2000.

SILVA, M. A Experiência do Programa Habitar Brasil BID – Região Chico Mendes: Uma Análise da Participação Social. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. 2008.

SIQUEIRA, F. G. **Efeito do Teor de Nitrogênio Inoculantes e Métodos de Compostagem para Cultivo de *Agaricus blazei*.** Dissertação de Mestrado, UFLA, Lavras, MG, Brasil, 2006.

SISINNO, C. L. S., OLIVEIRA, R. M. Resíduos Sólidos, Ambiente e Saúde: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2000.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. **The science of composting:** scientific inquiry for high school students. Ithaca NY: Cornell University, 1997.

VELLOSO, M. P. Os restos na história: percepções sobre resíduos. Escola Nacional de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 2008.

Washington Department of Ecology (WDOE) & US Environmental Agency Protection (EPA). Sumary matrix os state compost regulations and guidance. Minneapolis:MN.1991.

WPCF. Sludge stabilization. Manual of practice - FD-9. Ed. Stephen E. Aasheim. Washington, D.C. – USA, 1985.

ZILBERMAN, Isaac. Introdução à Engenharia Ambiental. Canoas: Editora da Ulbra. 2004.

ZUCCONI, F.; BERTOLDI, M. *Specification for solid waste compost.* In: The biocycle guide to the art & science of composting. J.G. Press. Emmaus, p. 200-205, 1991.

9 APÊNDICES

APÊNDICE A

APÊNDICE B

APÊNDICE C

APÊNDICE D

APÊNDICE E

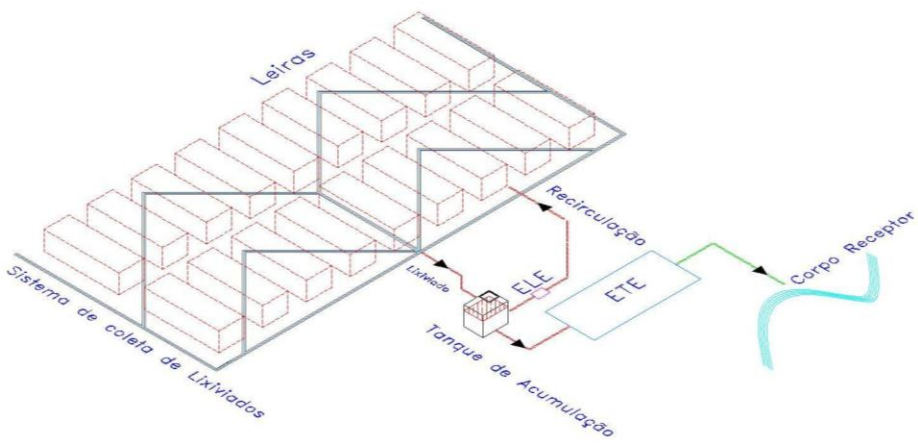
APÊNDICE F

APÊNDICE G

APÊNDICE H

APÊNDICE I

APÊNDICE J – Fluxograma destinação lixiviados.



- LEGENDA
- Sistema de Tramento à definir
 - Elevatória
 - Corpo Receptor
 - Efluente Bruto
 - Efluente tratado
 - Leiras

10 ANEXOS

ANEXO A - Resultado de análises do percolado das leiras “Revolução dos Baldinhos” e comparação com outros substratos.

Parâmetro		Referências			
		Percola do ₁	Esterco Líquido Suinocultu ra ₂	Esterco Líquido Bovinocultu ra ₃	Lixivia do UFSC ₄
Nitrito	mg/L	0			
Nitrato	mg/L	5,5			
Amônia	mg/L	468			
N Total	mg/L	473,5	2374	870	970
P Total	mg/L	252	577,8	550	190
DBO	mg/L				
DQO	mg/L				
pH					
Sólidos Suspensos	ml/L				
Coliformes totais	NMP/100mL	2000			
Coliformes Fecais	NMP/100mL	11000			


FONTE: (¹FARIAS; ANDRADE¹ et al.; ²SILVA; ³MORI et al; ⁴Miller et al;2010,2011,1996,2009, 2005)

ANEXO B - Concentrações de percolado coletado sob leiras de compostagem de esterco e serragem.

Semanas	Concentração (mg/L)					C Orgânico Total
	NO ₃	NH ₄	N- Orgânico	N-Total	PO ₄	
1	10	28,35	109,9	138,25		8743,71
1,5	13	12,95	115,5	128,45		9384
2	10,5	21	105	126		6258,96
2,5	9	25,2	86,5	112		5372,81
3	15	8,4	134,4	142,8		14174,92
5	3	29,8	32,2	62		3715,66
8	3	39,91		39,91	75,9	
8,5	4	14,84	58,8	73,64	50,8	2459,63

FONTE: Rymshaw et al. (1992).

ANEXO C - Dimensões comerciais Canaleta meia cana de concreto

	CANALETA - MEIA CANA DE CONCRETO PONTA E BOLSA PARA ÁGUAS PLUVIAIS					
	Nome	Descrição Tipo	Diâmetro interno (mm)	Comprimento (mm)	Espessura parede (mm)	Peso (Kg)
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples	200	1.000	30	32
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples	300	1.000	30	52
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples	400	1.000	40	81
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples	500	1.000	50	111
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples	600	1.000	60	150
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples	800	1.000	60	200
	Canaleta-Meia cana de concreto	Simples				

FONTE: FK comércio (2012)

ANEXO D – Vantagem e desvantagem para cada tratamento.

Tratamento	Combinado com ETE		Recirculação	Lagoa de Estabilização	Aeróbio	Anaeróbio	Físico - químico
Temperatura média	E	A	+	+	+	+	A
	M	A	A	+	A	+	A
	B	A	A	-	-	-	A
Precipitação	E	A	-	-	A	A	A
	M	A	-	-	A	A	A
	B	A	+	+	A	A	A
Vazão do lixiviado	E	-	A	A	A	-	-
	M	-	A	A	A	A	A
	B	+	+	+	A	A	A
Concentração do lixiviado	E	-	+	A	-	+	-
	M	A	A	+	A	+	-
	B	+	A	+	+	A	+
Idade do aterro	V	+	A	-	-	-	+
	J	-	+	+	+	+	A
Área disponível	E	A	A	+	+	A	A
	M	A	A	A	A	+	+
	B	+	A	-	-	+	+

FONTE: Adaptado de Reichert (1999) apud RECESA (2008).

FONTE: SUSP, Prefeitura Municipal de Florianópolis, Setor de Zoneamento (2012).

